

*Escuela Técnica Superior de Ingenieros
Agrónomos y de Montes*

**MODERNIZACIÓN AGRÍCOLA DE LA FINCA “LAS
MERCEDES”, EN EL T. M. DE PALMA DEL RÍO,
PROVINCIA DE CÓRDOBA**

Trabajo Fin de Máster

Alumno: VICTORIA RUIZ BUJALANCE

Titulación: MÁSTER EN INGENIERÍA AGRONÓMICA

Director: TEODOMIRO RECUERO RECUERO

Córdoba, Septiembre de 2018

MEMORIA DESCRIPTIVA

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	5
2. CONSIDERACIONES PREVIAS.....	5
2.1. Emplazamiento	5
2.2. El promotor	6
2.3. Descripción de las instalaciones existentes.....	7
2.4. Situación actual.....	7
3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE DISEÑO	8
3.1. Objetivo del promotor y del proyecto	8
3.2. Planteamiento del problema real.....	8
3.3. Planteamiento del problema técnico	10
3.4. Soluciones al problema técnico	10
4. EXAMEN DE ALTERNATIVAS	11
4.1. Examen de alternativas para el sistema de riego	11
4.1.1. Alternativa 1: riego por gravedad.....	11
4.1.2. Alternativa 2: riego por aspersión	12
4.1.3. Alternativa 3: riego por goteo.....	12
4.2. Examen de alternativas para la balsa de almacenamiento y regulación de agua	
13	
4.2.1. Alternativa 4: ubicación de la balsa en la zona centro de la finca.....	14
4.2.2. Alternativa 5: ubicación de la balsa en la esquina oeste de la finca	15
5. SOLUCIÓN PROPUESTA.....	15
6. TÉRMINOS DE REFERENCIA DEL PROYECTO	15
6.1. Condicionantes de valor.....	15
6.2. Condicionantes impuestos por el promotor	15
6.3. Condicionantes del ambiente	16

6.3.1.	Disponibilidad de agua	16
6.3.2.	El suelo	17
6.3.3.	Climatología	19
6.4.	Necesidades hídricas para un riego deficitario	20
6.5.	Caracterización de la plantación	22
6.5.1.	Variedad.....	22
6.5.2.	Marco de plantación	23
6.5.3.	Producción	23
6.6.	Balsa de almacenamiento y regulación de agua	23
6.6.1.	Finalidad de la balsa	23
6.6.2.	Situación de la balsa	24
6.6.3.	Características constructivas de la balsa.....	25
6.6.4.	Corrección del impacto ambiental.....	27
6.6.5.	Cálculo estructural.....	27
6.6.6.	Estabilidad de taludes	28
6.7.	Clasificación de la balsa	28
6.7.1.	Metodología.....	30
6.7.2.	Clasificación	30
6.8.	Sistema de riego.....	31
6.8.1.	Características de la finca	31
6.8.2.	Sectores de riego.....	31
6.8.3.	Elección de los ramales de goteo.....	32
6.8.4.	Dosis y frecuencia de riego	32
6.8.5.	Unidades de riego	33
6.8.6.	Dimensionamiento de la red de riego	33
6.8.7.	Equipo de filtrado	35

6.9.	Impulsión y equipos de bombeo	36
6.9.1.	Impulsión pozo-balsa.....	36
6.9.2.	Impulsión balsa-sectores de riego.....	36
6.9.3.	Cálculo del golpe de ariete	37
6.10.	Sistema de fertirriego	38
6.11.	Nave de bombeo y filtrado	38
6.12.	Instalación eléctrica.....	39
6.12.1.	Metodología.....	40
6.12.2.	Previsión de potencia.....	41
7.	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.....	41
8.	EVALUACIÓN ECONÓMICA	42
9.	RESUMEN GENERAL DEL PRESUPUESTO.....	45

1. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto versa sobre la mejora y modernización agrícola de la finca “Las Mercedes”, ubicada en el término municipal de Palma del Río (Córdoba), que incluye una serie de operaciones fundamentales para llevar a cabo este proyecto, en las que cabe destacar la construcción de una balsa de almacenamiento y regulación de agua de riego, la instalación de riego por goteo para una plantación de olivar superintensivo ya existente, así como la construcción de una nave de bombeo y filtrado y la instalación eléctrica que alimente a los elementos que así lo requieran.

El proyecto está formado por cuatro documentos:

- Memoria y Anejos.
- Pliego de Condiciones.
- Presupuesto.
- Planos.

Se diseñarán las instalaciones e infraestructuras necesarias y se realizará el presupuesto de la instalación proyectada y la evaluación económica de su ejecución y posterior funcionamiento.

2. CONSIDERACIONES PREVIAS

2.1. Emplazamiento

La finca objeto de estudio se encuentra localizada en el T.M. de Palma del Río. Sus coordenadas geográficas son (UTRS89):

- $X = 291.589,22$
- $Y = 4.171.067,72$
- Huso 30

La finca “Las Mercedes” se ubica en pleno Valle del Guadalquivir, a tan solo 1,2 km del Río Guadalquivir en dirección Noroeste, aunque éste discurre al Norte de la

finca de Este a Oeste, siendo el arroyo “Madre de Fuentes” límite de la finca en toda su cara Este (Figura 1).

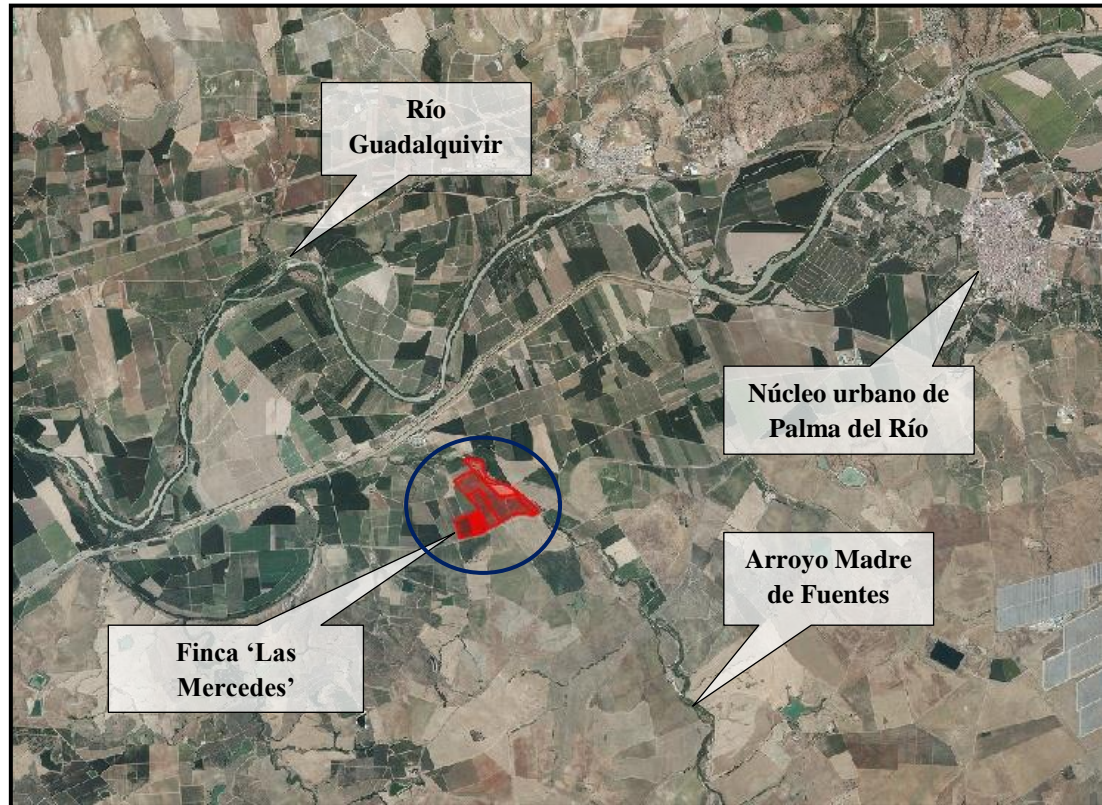


Figura 1. Localización finca “Las Mercedes” sobre ortofoto.

Fuente: Elaboración propia a partir de Ortofoto PNOA, 2018. Instituto Geográfico Nacional.

Los límites de la zona regable, así como su localización se pueden observar más concretamente en los planos N° 1 y N° 2 que se adjuntan.

En un ámbito más general, la zona se puede localizar en las hojas 942-24 y 964-21 del mapa topográfico de Andalucía a escala 1:10.000.

2.2. El promotor

Este proyecto de ejecución de diseño de la red de riego, balsa de almacenamiento de agua y construcción de nave de bombeo y filtrado, se realiza a petición del propietario de la finca.

2.3. Descripción de las instalaciones existentes

Actualmente, la finca cuenta con un pozo en buen estado, del que es posible extraer agua y que se empleará para extraer el agua que se llevará a la balsa de almacenamiento y regulación de agua para riego. Así mismo, existen dos centros de transformación (transformadores N° 1 y N° 2). Se trata de dos transformadores montados en poste a intemperie, cuyas coordenadas (UTRS89) se muestran a continuación en la Tabla 1.

Tabla 1. Coordenadas transformadores N° 1 y N° 2.

	Coord. X	Coord. Y	Huso
Pozo existente	291.698,90	4.171.161,95	30
Transformador N° 1	291.690,81	4.171.183,36	30
Transformador N° 2	291.081,29	4.170.856,94	30

Fuente: Elaboración propia.

2.4. Situación actual

Originariamente, la finca “Las Mercedes” estaba compuesta por 20,40 ha de olivar tradicional en secano y 30,3 hectáreas de cereales con riego por aspersión.

A partir de 2017, se decide realizar una plantación de olivar superintensivo con el fin último de transformar la finca, pasando de secano a regadío. Por lo que, a día de hoy, la finca posee una superficie de 50,70 hectáreas de olivar superintensivo, con un marco de plantación de 3,75x1,5 m, sin ningún tipo de riego.

La decisión de implantar una plantación de olivar superintensivo se llevó a cabo por encontrar un hueco de mercado en el sector del aceite de oliva, que permitiría obtener grandes beneficios de su producción y envasado, así como las buenas condiciones climáticas y edafológicas y la disponibilidad de agua en la finca, aspectos que se detallan en el Anejo IV. “*Caracterización de la plantación*” del presente proyecto.

3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE DISEÑO

3.1. Objetivo del promotor y del proyecto

El presente proyecto se redacta con la finalidad de satisfacer la petición del promotor, de realizar la transformación de la finca en una plantación de olivar superintensivo con riego localizado, cuya finalidad del producto será el proceso de extracción de aceite, maximizando para ello, la rentabilidad de la explotación, utilizando de una forma óptima todos los recursos de los que dispone la finca.

3.2. Planteamiento del problema real

La problemática de la finca objeto de estudio recae en la baja rentabilidad que se obtendría de un olivar superintensivo en secano, en comparación con el mismo cultivo en regadío. Atendiendo a un estudio realizado por la Asociación Agraria de Jóvenes Agricultores (ASAJA) en colaboración con una empresa privada, “*Plantaciones de Olivar en seto, secano y regadío*”, la diferencia entre ambas plantaciones (con igual marco de plantación), puede estar en entre 6.000 - 8.000 kg de aceituna por hectárea al año.

No obstante, este no es el único aspecto a tener en cuenta. Otro factor que juega un papel crucial en la producción del cultivo es el marco de plantación (Tabla 2), siendo el ideal para un olivar superintensivo en secano de 1,35 x 7 m y de 1,5 x 3,75 m para regadío, como es el caso de la finca de estudio, lo que la hace una perfecta candidata para la implantación de un sistema de riego localizado.

Tabla 2. Producción media de aceituna para olivar superintensivo en secano y regadío, con distintos marcos de plantación.

Sistema de cultivo	Marco de plantación (m)	Producción media (kg aceituna/ha y año)
Olivar superintensivo secano	1,35 x 7	6.200
Olivar superintensivo regadío	1,5 x 3,75	13.500

Fuente: Estudio “Plantaciones de Olivar en seto, secano y regadío”, ASAJA y Todolivo.

Aunque los costes de inversión resultan mayores para el cultivo en regadío, estos se ven compensados con el aumento de la producción, tal y como se expone en el Anejo XV. “*Evaluación financiera*”, donde queda justificada la mayor rentabilidad del cultivo con la instalación de un sistema de riego localizado. Así mismo, hay que tener en cuenta que, en el presente proyecto no se valorarán los costes de inversión derivados de la plantación del cultivo, puesto que ésta ya se ha realizado con anterioridad. No obstante, éstos se muestran en la siguiente tabla (Tabla 3), para tener una visión más global y completa de los costes.

Tabla 3. Costes medios de inversión para olivar superintensivo en regadío y secano.

Sistema de cultivo	Marco de plantación (m)	Nº árboles/ha	Coste plantación (€/planta)	Coste plantación (€/ha)	Producción media (kg aceituna/ha y año)	Coste medio inst. riego (€)
Secano	1,35 x 7	1.058	2,40	3.540	6.200	-
Regadío	1,5 x 3,75	1.778	2,40	4.267	13.500	120.000

Fuente: Estudio “Plantaciones de Olivar en seto, secano y regadío”, ASAJA y Todolivo.

En este caso, los recursos son la tierra y el capital disponible. Lo que se pretende es mejorar la explotación obteniendo mayores beneficios mediante un aumento de la producción, así como asegurar esta cantidad y no depender, de forma tan directa, de las condiciones climatológicas.

Se trata de un problema complejo, cuya resolución resulta facilitada por la identificación de los problemas secundarios que lo forman, como pueden ser el diseño de la red de riego, el equipo de bombeo y el almacenamiento del agua disponible en la balsa de regulación.

Como se ha comentado, la finca posee una serie de recursos, como es la disponibilidad del agua y la fertilidad del suelo, que harán posible su explotación de forma óptima, pudiéndose conseguir una mejor adaptación a la situación objetivo.

3.3. Planteamiento del problema técnico

El problema técnico recae en crear un sistema que pueda transformar los recursos disponibles en la situación objetivo, con la eficiencia técnica y económica de forma que satisfagan las necesidades del promotor. Se trata del conjunto de actuaciones que hay que llevar a cabo para resolver el problema real. Con la solución al problema técnico se incrementará la rentabilidad de la finca, así como el valor de ésta.

Teniendo en cuenta los problemas secundarios que pueden ocasionarse a partir del problema real, se resaltan distintos problemas técnicos:

- Realizar la programación de riego
- Diseñar del sistema de riego.
- Dimensionar y ejecutar la balsa de almacenamiento y regulación de agua.
- Clasificar la balsa proyectada.
- Realizar la programación del fertirriego.
- Diseñar la Instalación Eléctrica.
- Dimensionar y ejecutar la nave de bombeo y filtrado.
- Realizar un pliego de Condiciones para la adjudicación de la contrata y presupuesto.
- Elaborar los diferentes planos necesarios para llevar a cabo cada uno de los puntos anteriores.

3.4. Soluciones al problema técnico

El problema técnico está compuesto por las distintas actividades anteriormente nombradas, entre las que se encuentran el diseño de la red de riego, el dimensionamiento de la balsa de almacenamiento y regulación de agua y la construcción de una nave de bombeo y filtrado. A continuación, se exponen las soluciones adoptadas:

- **Implantación y diseño de un sistema de riego.** El sistema de riego estará compuesto por una red de tuberías primarias, secundarias y terciarias, junto con los goteros, un sistema de filtrado, equipo de bombeo y de fertirriego, así como

los elementos de control necesarios para repartir el agua al cultivo y satisfacer sus necesidades hídricas.

- **Construcción de una balsa de almacenamiento y regulación de agua.** Se diseñará con el fin de almacenar el agua bombeada desde el pozo y posteriormente distribuirla a los distintos sectores de riego.
- **Construcción de una nave de bombeo y filtrado.** Se diseñará una nave para el alojamiento de los distintos equipos de bombeo, filtrado y fertirriego, necesarios para llevar a cabo la operación del riego de forma óptima.
- **Instalación eléctrica.** Dado que existen dos centros de transformación en la finca, sólo será necesario diseñar el cuadro y sistema de alimentación, tanto en la balsa como en el pozo, junto con una serie de elementos de protección contra cortocircuitos y sobreintensidades, así como los conductores para transportar la electricidad hasta los elementos eléctricos.

4. EXAMEN DE ALTERNATIVAS

4.1. Examen de alternativas para el sistema de riego

Son tres los tipos de riego más conocidos: riego por gravedad, aspersión y goteo.

4.1.1. Alternativa 1: riego por gravedad

Consiste en inundar la zona de cultivo con una lámina de agua que avanza por gravedad, para lo que exige realizar un movimiento de tierras superficial antes de la implantación del cultivo.

Se trata de un sistema tradicionalmente utilizado en cultivos herbáceos y leñosos, aunque en suelos arcillosos da ciertos problemas con estos últimos. Es el sistema menos eficiente de todos, en torno al 50%, y solamente se utiliza en casos de recursos económicos limitados. Desde el punto de vista ambiental, es también el peor sistema

posible ya que es frecuente que se originen escorrentías y pérdidas de suelo fértil por erosión.

Teniendo en cuenta la poca eficiencia, la orografía suave del terreno y los requisitos iniciales de movimiento de tierras, esta alternativa queda descartada por encontrarse el cultivo ya implantado.

4.1.2. Alternativa 2: riego por aspersión

Con este sistema, se asemeja la aplicación del riego a una precipitación natural. Necesita de un sistema de impulsión (grupos de bombeo), una red de distribución (ramales) y unos aspersores que distribuyen el agua en su sector.

Se distingue entre aspersión fija (todos los ramales están enterrados y los aspersores están fijos y conectados bajo tierra), y aspersión móvil, donde se entierran únicamente las conducciones primarias, a las que se conectan posteriormente los ramales móviles.

Su eficiencia está en torno al 70% y su uso está muy extendido en cultivos herbáceos. Desde el punto de vista ambiental, es un sistema que no da problemas, siempre que se haya dimensionado el caudal de aporte de los aspersores a la velocidad de infiltración del terreno, de forma que no se produzcan escorrentías.

4.1.3. Alternativa 3: riego por goteo

Este sistema localiza el agua en las zonas que son más accesibles para la planta, alrededor de la base del tallo o a nivel radicular si se disponen enterrados. Necesita de un sistema de presión, una red de distribución primaria y secundaria y unos goteros que aportan el caudal en la base de la planta.

Este es el sistema más eficiente, en torno al 90%, y su uso está muy extendido en cultivos leñosos y, excepcionalmente, en algunos herbáceos como el algodón, entre otros.

4.2. Examen de alternativas para la balsa de almacenamiento y regulación de agua

Las alternativas barajadas en este punto han girado en torno a tres temas: la ubicación, el volumen y la geometría de la balsa.

El volumen de la balsa se ha determinado teniendo en cuenta la dotación de agua anual concedida para la finca ($126.750 \text{ m}^3/\text{año}$), las necesidades de riego del mes de mayor consumo, así como el número de horas que es posible emplear para llevar a cabo la extracción de agua del pozo. Estos cálculos se exponen, de forma más detallada, en el Anejo V. “*Cálculo de la balsa y estabilidad de taludes*”.

La geometría de la balsa se ve condicionada por la propia geometría de la finca y el volumen de agua deseado.

De este modo, las diferentes alternativas en este punto se han centrado en la ubicación de la balsa. Ésta también se ve condicionada, en este caso, por la normativa de aplicación al respecto (Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas, el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico y el Real Decreto 9/2008, de 11 de enero, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, que establecen los bienes que integran el dominio público hidráulico: aguas continentales, cauces de corrientes naturales, lechos de lagos y lagunas y acuíferos) y el Plan General de Ordenación Urbanística del término municipal (Palma del Río). En éstas se establece que las márgenes de un río o arroyo están sujetas, en toda su extensión longitudinal, a una zona de servidumbre, de cinco metros de anchura, para uso público, regulada reglamentariamente, y a una zona de policía, de 100 metros de anchura, en la que se condiciona el uso del suelo y las actividades que se desarrollan (Anejo V. “*Cálculo de la balsa y estabilidad de taludes*”).

De este modo, para facilitar los requerimientos legales necesarios para la puesta en marcha del proyecto, se intentará situar la balsa a más de 100 metros del Arroyo que

linda con la finca (Arroyo Madre de Fuentes), tal y como se observa en la Figura 2, en la que se muestra, en rojo, la superficie disponible para la ubicación de la balsa.

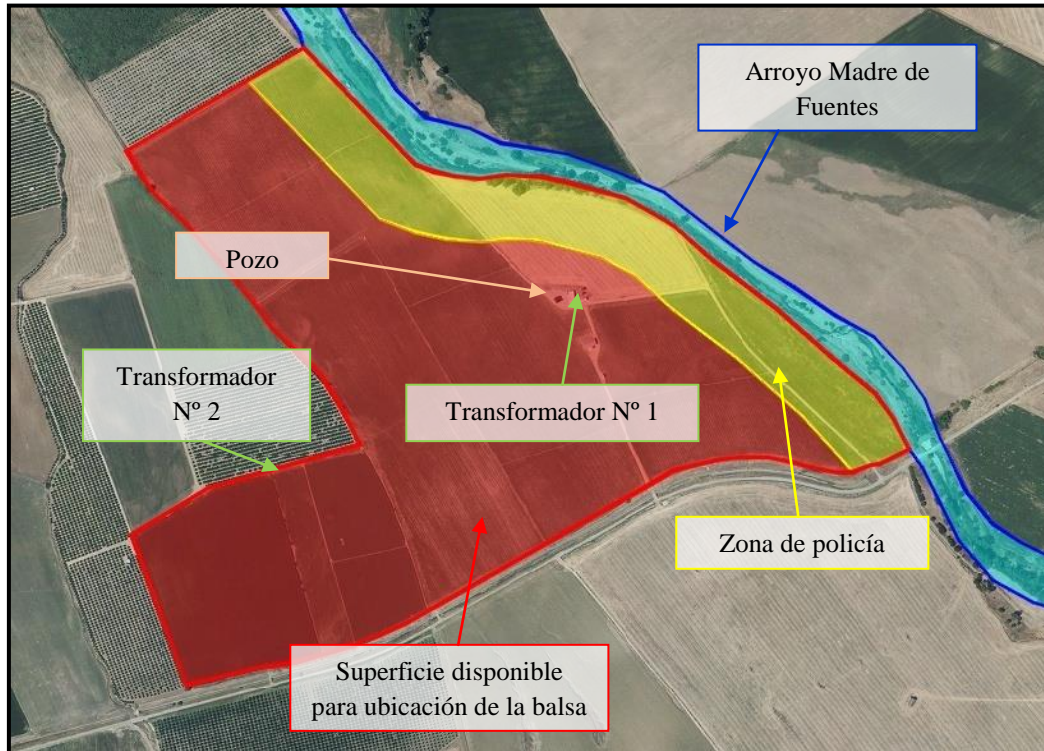


Figura 2. Superficie disponible para la ubicación de la balsa en la finca “Las Mercedes”.

Fuente: Elaboración propia.

4.2.1. Alternativa 4: ubicación de la balsa en la zona centro de la finca

La balsa podría situarse en la zona central de la finca. Esta posibilidad presenta la ventaja de estar más próxima al pozo del que se extraerá el agua, por lo que se necesitaría una bomba de impulsión de menor potencia.

Sin embargo, la mayor desventaja de esta alternativa sería que, al encontrarse en el centro de la finca, podría resultar un obstáculo a la hora de realizar el proceso de recolección de la aceituna, interfiriendo en la continuidad de la actividad.

4.2.2. Alternativa 5: ubicación de la balsa en la esquina oeste de la finca

Esta alternativa se considera debido a la suave orografía del terreno. Con ella, no se vería afectada la actividad de recolección de aceituna, pues se encontraría apartada del cultivo. Así mismo, podría aprovecharse como alimentación eléctrica el transformador N° 2 existente en la finca.

5. SOLUCIÓN PROPUESTA

La solución propuesta es la combinación de las alternativas 3 y 5. De este modo, se ha elegido un sistema de riego por goteo, debido a su alta eficiencia y su excelente adaptación a los cultivos leñosos. Así mismo, atendiendo a la existencia de un centro de transformación que podría utilizarse como alimentación eléctrica para los equipos de bombeo necesarios para la impulsión de agua desde la balsa, la orografía suave del terreno, los diferentes sectores de riego en los que se dividirá la finca y los caminos interiores existentes, la balsa se ubicará en la esquina oeste de la finca, de forma que los sectores de riego queden homogéneos y la actividad diaria no se vea alterada por la construcción de la balsa.

En cuanto a la construcción de la nave de bombeo y filtrado, su dimensión vendrá definida por el equipo de bombeo y filtrado que se disponga en su interior. Así mismo, su ubicación se ha elegido al lado de la balsa de almacenamiento y regulación de agua.

6. TÉRMINOS DE REFERENCIA DEL PROYECTO

6.1. Condicionantes de valor

La finalidad que se persigue con el presente proyecto es la de conseguir una mayor rentabilidad económica de la explotación agrícola.

6.2. Condicionantes impuestos por el promotor

El promotor del proyecto quiere que se cumplan distintos requisitos para llevar a cabo el proyecto, entre los que cabe citar:

- Emplear la mecanización adecuada que permita reducir al mínimo la contratación de la mano de obra eventual.
- Elegir el sistema más conveniente para amortizar la inversión en el menor tiempo posible.
- Emplear el agua del pozo existente en la finca.

6.3. Condicionantes del ambiente

6.3.1. Disponibilidad de agua

Actualmente, la finca “Las Mercedes” dispone de un pozo del que será posible extraer agua para el riego del olivar superintensivo, con las siguientes coordenadas (ETRS89):

- X= 291.698,90
- Y= 4.171.161,95
- Huso 30

Sin embargo, el caudal que proporciona (45 l/s) es insuficiente para realizar el riego directamente según los requerimientos necesarios calculados en el Anejo II. “*Necesidades Hídricas*”. Por ello, se requiere la construcción de una balsa de almacenamiento y regulación de agua, que permita ir extrayendo, poco a poco, el agua del pozo, con el fin de utilizarla posteriormente, para el riego de olivar superintensivo.

Dado el agua de riego procederá de las aguas subterráneas almacenadas, se establecerán los parámetros y valores de calidad de las aguas subterráneas facilitados por los controles y muestreos realizados por Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, concretamente, los medidos por la Estación 5.73.00.01 “Cantera Charamuzca”, por ser la más próxima a la zona de estudio.

De este análisis se han obtenido los siguientes resultados:

- El agua es considerada por el Real Decreto 140/03, según los parámetros obtenidos, como agua NO POTABLE, ya que el contenido de nitratos supera el máximo admisible.
- Agronómicamente, el agua se considera apta ya que cumple con los requisitos que exige la normativa sobre el uso de aguas residuales, para aplicarlas al suelo.
- La concentración de cloro es baja, por lo que elimina la posibilidad de que haya toxicidad.
- El riesgo de salinidad es bajo, por lo que es apta para el riego.

6.3.2. *El suelo*

Para la calificación del suelo, se ha realizado una caracterización geológica y litológica de la finca. Su descripción más completa se detalla en el Anejo I. “*Estudio Agronómico*”.

En la zona objeto de estudio se encuentran representadas dos unidades geológicas: el Macizo Hercínico y el Neógeno autóctono. Así mismo, coincidiendo con lo anterior, desde un punto de vista edáfico, la finca se encuentra en una zona conformada por dos unidades edáficas (unidades 2 y 23).

La unidad 2 está constituida en su totalidad por Fluvisoles calcáreos, mientras que la unidad 23 está formada por la asociación de Vertisoles crómicos y Cambisoles vérticos con Cambisoles cálcicos, Regosoles calcáreos y Vertisolespélicos.

Litológicamente, se distinguen dos niveles que responden a las edades del Pliocuatnario y el Cuaternario.

En cuanto a la composición y propiedades del suelo, se ha realizado un análisis de los parámetros físicos, tales como la estructura, la textura, el índice de plasticidad y su expansibilidad e hinchamiento; y químicos, como son el contenido de materia orgánica y el valor del pH.

Para ello, se han realizado dos calicatas de 2x2 m y 3 m de profundidad, cuyos resultados se muestran en el Anejo I. “Estudio Agronómico” y de los cuales se obtienen las siguientes conclusiones:

- Geológicamente, se podría decir que la zona de estudio se encuentra fuertemente influenciada por los materiales propios del Valle del Guadalquivir y, en general, de la campiña andaluza, como son las rocas parentales de tipo calcáreo, areniscas, arcillas y conglomerados, distribuidos por la totalidad de la finca, debido a su cercanía al Río Guadalquivir y a la baja cota a la que se encuentran.

Además, conviene destacar que el motivo de que encontremos mayoría de rocas sedimentarias proviene del origen geológico del Valle del Guadalquivir, provocado por un hundimiento en el que los movimientos alpinos desembocaron en el relleno de sedimentos terciarios procedentes del mar, en el periodo del Mioceno.

- En cuanto los tipos de suelo, según se ha observado en el mapa edáfico de la finca descrito anteriormente, se distinguen dos unidades perfectamente definidas. En la zona norte y este de la finca, predominan los Fluvisoles calcáreos; mientras que en el sur y oeste, destaca la asociación de Vertisoles crómicos y Cambisoles vérticos con Cambisoles cálcicos, Regosoles calcáreos y Vertisoles pélicos
- Con respecto a los materiales rocosos, se pueden distinguir algunos cantos rodados, la mayoría, cuarcitas y areniscas.
- En cuanto a las características químicas del suelo, se puede concluir que:
 - El pH es alcalino ($\text{pH} \approx 7,8$) prácticamente en la totalidad de la finca.
 - El contenido de elementos fertilizantes disponible (sodio, calcio, magnesio y potasio) presentan unos niveles adecuados en ambas calicatas. Sin embargo, el contenido de nitrógeno y fósforo se encuentra por debajo de los niveles recomendados, aunque, en general, podría decirse que el nivel de elementos fertilizantes es adecuado.

- En cuanto al contenido de materia orgánica, éste se encuentra por debajo de los valores medios recomendados.

6.3.3. Climatología

Conocer la climatología de la zona geográfica en la que se va a realizar el diseño del riego y las obras proyectadas, es fundamental para tomar decisiones correctas a la hora de la puesta en marcha del riego.

Los datos climáticos se han extraído de la estación termopluviométrica “Lora del Río ‘El Priorato’”, en la provincia de Sevilla, situada a 6,10 km de la zona de estudio. Dichos datos proceden de la Red de Estaciones Agroclimáticas de Andalucía para la serie comprendida entre los años 2008 y 2017.

Tras analizar los datos, se concluye que la temperatura máxima media es inferior a los 26°C, mientras que la temperatura mínima media no supera los 11°C. En cuanto a la temperatura media, ésta oscila en torno a los 18 °C. Así mismo, la precipitación media anual de la zona es superior a 600 mm en el periodo estudiado.

El olivar requiere aproximadamente unas 400-500 horas de frío anuales para florecer sin restricciones. En nuestro caso, empleando el método de Mota y, en función del número de horas por debajo de los 7°C que tenemos en la zona, se obtiene un valor de horas de frío de 1.408,4 horas anuales, lo que nos garantiza la floración de este cultivo.

Estas características, con veranos cálidos e inviernos suaves son propias de un clima mediterráneo subtropical (Clasificación de Papadakis), que lo hacen ideal para el cultivo del olivar.

Para una descripción más detallada de las características climatológicas véase *Anejo I. “Estudio Agronómico”* y *Anejo II. “Necesidades Hídricas”*.

6.4. Necesidades hídricas para un riego deficitario

A la hora de diseñar el sistema de riego, es necesario tener en cuenta que las concesiones que la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir otorga a las plantaciones de olivar superintensivo son, como máximo, de 2.500 m³/ha y año, por lo que se nos plantea la dificultad de ajustar la dosis de riego a esta cifra sin limitar excesivamente las necesidades de riego del cultivo.

El cálculo de las necesidades hídricas del cultivo se ha llevado a cabo mediante la estimación de los siguientes parámetros:

- **Evapotranspiración del cultivo.** Obtenida a partir de la Evapotranspiración de Referencia ((ET₀), el coeficiente de cultivo (K_C) y el coeficiente reductor (K_r), cuyos valores se detallan en el Anejo II. “*Necesidades Hídricas*”.
- **Precipitación efectiva.** Se trata de aquella fracción de la precipitación total que es aprovechada por las plantas, es decir, aquella no perdida por escorrentía superficial o percolación profunda. Ha sido calculada mediante el método de *Bureau of Reclamation*.
- **Intervalo de Humedad Disponible (IHD).** Definido como la diferencia entre los límites superior (Capacidad de Campo) e inferior (Punto de Marchitez Permanente), en cm³/cm³.
- **Déficit hídrico.** Se establece el Déficit de Agua en el Suelo Permisible (DASP). Es decir, el valor por debajo del cual, la producción se verá afectada por el déficit hídrico.

Con los parámetros anteriores definidos, se obtienen unas necesidades hídricas del olivar de 3.557 m³/ha anuales, para lo que se podría aplicar una dosis de riego bruto de 3.744,2 m³/ha y año, lo que cubriría las necesidades hídricas del cultivo sin soportar ningún déficit hídrico.

Sin embargo, teniendo en cuenta las restricciones impuestas por CHG, se obtiene el siguiente calendario de riegos (Tabla 4):

Tabla 4. Calendario de riegos.

	ET_c (mm/mes)	P_{ef} (mm/mes)	NA (mm/mes)	RN (mm/mes)	DAS (mm/mes)
Enero	18,76	47,57	-28,81	0,00	0,00
Febrero	25,63	63,64	-38,01	0,00	0,00
Marzo	58,12	58,75	-0,63	0,00	0,00
Abril	71,88	71,03	0,85	0,00	0,85
Mayo	89,19	38,4	50,79	37,00	14,64
Junio	97,25	10,38	86,87	65,00	36,51
Julio	96,84	0,3	96,54	75,00	58,05
Agosto	85,63	12,63	73,00	40,50	90,55
Septiembre	70,82	23,17	47,65	20,00	118,20
Octubre	49,98	71,42	-21,44	0,00	96,76
Noviembre	28,1	72,59	-44,49	0,00	52,27
Diciembre	16,27	84,96	-68,69	0,00	-16,42
Total	708,45	554,86	355,70	237,50	-

Fuente: Elaboración propia.

Siendo:

- *NA, Déficit Hídrico (ET_c – PE).*
- *RN, Riego Neto (mm/mes).*
- *DAS, Déficit acumulado de agua en el suelo (mm/mes).*

Teniendo en cuenta el rendimiento de aplicación (95%), se obtiene un riego bruto de 2.500 m³/ha, realizando así un ahorro de agua de riego a la vez que se cubren parcialmente las necesidades hídricas del olivar, sin llegar, en ningún momento, a condiciones de estrés hídrico, es decir, sin que el déficit acumulado supere los 150 mm calculados anteriormente.

El riego bruto para el mes de mayor consumo (Julio) es de 79 mm, lo que supone una cantidad diaria de riego a aplicar durante este mes de 2,55 mm/día, dato que se ha empleado para el cálculo hidráulico de la red de riego.

6.5. Caracterización de la plantación

Originariamente, la finca “Las Mercedes” estaba compuesta por 20,40 ha de olivar tradicional en secano y 30,3 hectáreas de cereales con riego por aspersión.

A partir de 2017, se decide realizar una plantación de olivar superintensivo con el fin último de transformar la finca, pasando de secano a regadío.

La decisión de implantar dicho cultivo, con las últimas técnicas y diseños de plantación, se basó en las siguientes condiciones:

- Estudio de mercado.
- Características del suelo y climatología.
- Disponibilidad de agua.

La existencia de un hueco de mercado, que permitiría obtener grandes beneficios, así como las buenas condiciones climáticas y edafológicas y la disponibilidad de agua en la finca, conllevó a que se realizara dicha plantación de olivar superintensivo.

6.5.1. Variedad

La variedad de olivo cultivada es Arbosana. Variedad de porte abierto y vigor bajo. Su entrada en producción es precoz y su productividad muy elevada y constante. Resiste bien el frío y es tolerante a Repilo, Verticilium y Mosca del Olivo.

Como características negativas, cabe destacar una baja estabilidad el aceite y el pequeño tamaño de los frutos que hace difícil su recolección. No obstante, esta variedad se seleccionó por su elevada productividad y su vigor reducido, lo que la hacen una variedad ideal para el olivar superintensivo.

6.5.2. *Marco de plantación*

El marco de plantación que presenta es de 3,75 x 1,5 m, que resulta en un total de 90.134 árboles en toda la finca.

$$N^{\circ} \text{ árboles} = \frac{507.000 \text{ m}^2}{3,75 \text{ m} \times 1,5 \text{ m}} \cong 90.134 \text{ árboles}$$

6.5.3. *Producción*

La producción esperada, con esta variedad y marco de plantación, para una plantación adulta de olivar, es de 13,5 tn/ha, dato con el que se realizarán los cálculos en el presente proyecto. No obstante, se ha establecido un aumento gradual de la producción, que comienza en el año 3 hasta el año 8, a partir del cual la producción se estabiliza, distinguiendo entre los años de vecería.

6.6. **Balsa de almacenamiento y regulación de agua**

6.6.1. *Finalidad de la balsa*

Como se ha comentado anteriormente, actualmente, la finca “Las Mercedes” dispone de un pozo del que es posible extraer agua para el riego del olivar superintensivo. Sin embargo, el caudal que proporciona es insuficiente para realizar el riego directamente según los requerimientos hídricos necesarios calculados. Por ello, se requiere la construcción de una balsa de almacenamiento y regulación de agua, que permita ir extrayendo, poco a poco, el agua del pozo, con el fin de utilizarla posteriormente, para el riego de olivar superintensivo.

El volumen de agua que se pretende almacenar ha sido calculado teniendo en cuenta la dotación máxima concedida por Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (2.500 m³/ha y año), que suponen 126.750 m³ para las 50,7 ha de riego que posee la finca.

Se plantea, por tanto, poder almacenar aproximadamente el 30% de este volumen anual, de manera que se tenga una reserva suficiente para el riego del mes de más

consumo, y así poder asegurar el riego durante ese periodo, aunque hubiera algún fallo en la extracción de agua del pozo. Por tanto, el volumen de agua que se pretende almacenar en la balsa a proyectar será de 40.000 m³.

Así mismo, el agua se bombeará dentro de las 8 horas valle de la noche, correspondientes a la tarifa 3.0 A. Se distinguen dos horarios: en los meses de junio y julio se bombeará durante las 8 horas valle, mientras que en los meses de Mayo, Agosto y Septiembre será suficiente con aproximadamente 4,5 horas de bombeo.

6.6.2. Situación de la balsa

Atendiendo a la existencia de un centro de transformación que podría utilizarse como alimentación eléctrica para los equipos de bombeo necesarios para la impulsión de agua desde la balsa, la orografía suave del terreno, los diferentes sectores de riego en los que se dividirá la finca y los caminos interiores existentes, la balsa se ubicará en la esquina oeste de la finca, de forma que los sectores de riego queden homogéneos y la actividad diaria no se vea alterada por la construcción de la balsa (Figura 3).

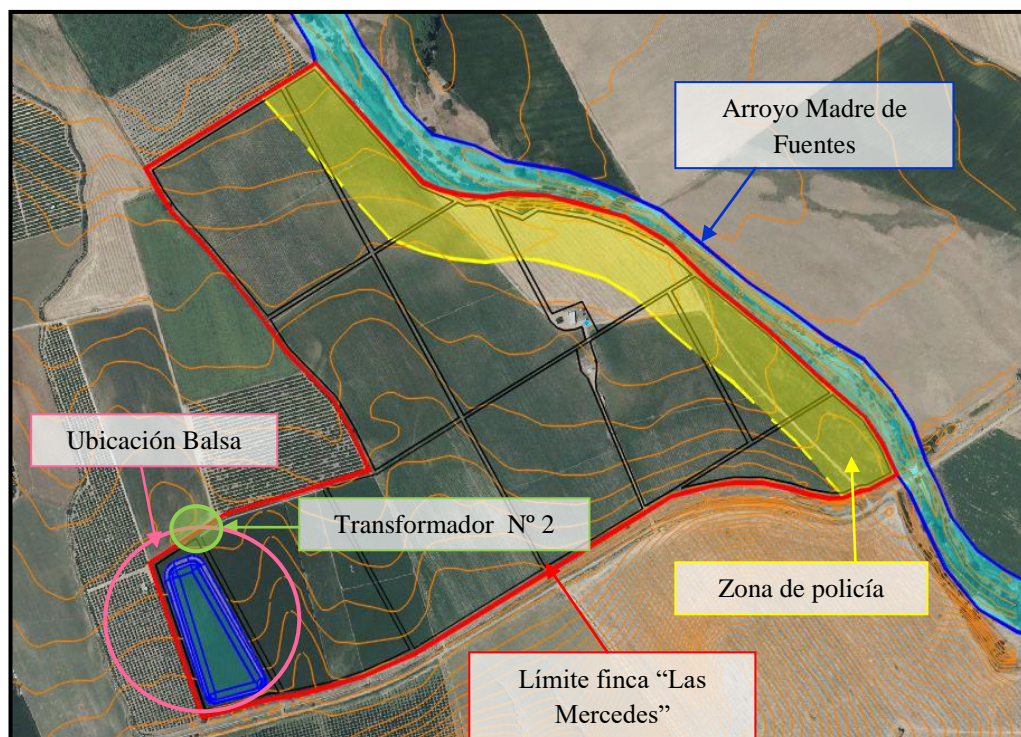


Figura 3. Ubicación elegida para la construcción de balsa en la finca “Las Mercedes”.

Fuente: Elaboración propia.

6.6.3. Características constructivas de la balsa

Su diseño se realizará de modo que los volúmenes de desmonte y terraplén estén compensados, evitando así un incremento de costes importante.

❖ Dimensionamiento

Las características constructivas principales de la balsa proyectada se muestran a continuación en la Tabla 5:

Tabla 5. Características constructivas.

Parámetros constructivos	Balsa proyectada
Talud interior	2,5:1
Talud exterior	2:1
Anchura de coronación (m)	5
Cota solera de fondo (m)	56,10
Cota de coronación (m)	60,60
Altura máxima talud exterior (m)	4,50
Cota del rebosadero (m)	59,85
Altura útil de agua (m)	3,75
Volumen hasta aliviadero (m³)	40.595
Superficie ocupada (m²)	20.175

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se describen brevemente los parámetros constructivos de diseño, cuya descripción se realizada de forma más detallada en el Anejo V. “Cálculo de la balsa y estabilidad de taludes”:

- ❖ **Resguardo.** Con la cota de coronación tomada, se establece un resguardo normal de 0,75 m, siendo el resguardo mínimo de 0,65 m.

- ❖ **Entrada de agua a la balsa.** La entrada de agua se realiza por la parte superior de la balsa, a través de una tubería de PVC de 200 mm de diámetro que llega hasta el comienzo del talud exterior de la balsa y que se sustituye aquí por una tubería P.E.A.D de 200 mm para realizar la entrada a la balsa.
- ❖ **Salida de agua de la balsa.** Para la salida de agua de la balsa, se dispondrá una toma de fondo de 300 mm conectada a una tubería de P.E.A.D de 315 mm de diámetro protegida en un tubo de hormigón armado de 500 mm. Esta tubería cruza el cuerpo de la balsa hacia su parte exterior, donde se sustituye por una tubería P.V.C. de 315 mm de diámetro hasta llegar a la nave de bombeo y filtrado. Desde esta nave, se dirige hasta el equipo de bombeo y filtrado para emplearse posteriormente como agua de riego, o bien hacia una arqueta de desagüe de donde se dirige el agua hacia el arroyo Madre de Fuentes.
- ❖ **Aliviadero.** Se proyecta un aliviadero formado por un vertedero de hormigón armado que tiene un hueco de 1,5 m de anchura y 0,50 m de altura, que atraviesa el dique de la balsa y desemboca en una arqueta, también de hormigón armado, desde donde se encauza el agua hasta el Arroyo Madre de Fuentes.
- ❖ **Sistema de drenaje.** Los drenajes estarán formados por una zanja de 0,40 m x 0,40 m revestida por un dren geotextil. Será una red perimetral y transversal, estando la perimetral situada a varios metros del pie del talud interior y la transversal conectada a un lateral de la red perimetral. Todos desembocarán en un colector, para dirigirse finalmente a la arqueta de drenaje.
- ❖ **Arqueta de desagüe.** La arqueta de desagüe de la balsa tiene unas dimensiones de 1,0 x 1,0 x 1,5 m y es de hormigón armado HA-25 con muros de 25 cm y una armadura reticular en las paredes de la arqueta de Ø10 mm cada 20 cm, y con una solera de 30 cm de espesor de hormigón armado con una armadura, en este caso también de Ø10 mm cada 20 cm.
- ❖ **Arqueta de salida de drenaje.** Esta arqueta de control tiene la función de recoger el agua procedente del sistema de drenaje, para detectar posibles problemas de fugas en la balsa. Consiste en un tubo de hormigón centrifugado de 1 m de diámetro

y 1,5 m de altura, con solera de hormigón en masa de 15 cm de espesor, colocada sobre una capa de 15 cm de grava. Llevará una tapa metálica de chapa de 4 mm de espesor.

- ❖ **Cerramiento.** En la parte exterior de la balsa, se colocará un cerramiento formado por una malla metálica sobre tubos de acero galvanizado. La misión de la malla será proteger de los daños que pudieran producir la entrada de personas o animales y evitar cualquier tipo de accidente. Para facilitar el acceso a la zona de la balsa se colocará una puerta de 3 x 2 m.
- ❖ **Impermeabilización** Toda la superficie de la solera, así como las paredes laterales irán protegidas con una lámina plástica de polietileno de alta densidad (PEAD), alternando con bandas del mismo material pero texturizado, con rugosidad suficiente para facilitar la salida de aquellos animales y personas que pudieran caer por accidente.

6.6.4. Corrección del impacto ambiental

Como medida correctora, se ha previsto una revegetación de los taludes exteriores. Para ello, se utilizará una cubierta vegetal compuesta por especies autóctonas, con la de proteger el talud exterior de la erosión producida por la lluvia, así como la corrección del impacto ambiental que produce la construcción de una balsa de regulación y almacenamiento.

6.6.5. Cálculo estructural

Con el fin de estudiar la seguridad de los taludes de la balsa, se calculan las fuerzas horizontales y verticales de empuje, los parámetros de estabilidad al deslizamiento, la seguridad frente a vuelco, la resistencia frente a hundimiento, deformabilidad e impermeabilidad del cimiento, comprobando que cumple para cada uno de estos casos.

6.6.6. Estabilidad de taludes

Para comprobar la estabilidad de los taludes y optimizar su factor de seguridad, se ha empleado el software informático STB 2010, obteniéndose los siguientes valores (Tabla 6):

Tabla 6. Comprobación mínimo factor de seguridad.

	Coefficiente de seguridad	Coefficiente calculado
Final de construcción	1,3	1,798
Rotura del elemento de impermeabilización	1,3	1,880
Embalse lleno con sismo	1,3	1,904
Embalse lleno sin sismo	1,5	2,079

Fuente: Elaboración propia a partir del software informático “STB 2010”.

Como se observa, en todos los casos, los factores de seguridad obtenidos son mayores que los mínimos exigidos (*Manual para el diseño, construcción, explotación y mantenimiento de balsas. CEDEX*).

6.7. Clasificación de la balsa

La Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones, de 14 de febrero de 1.995, establece en su artículo 3.5.1.3 la obligatoriedad de que las presas o embalses se clasifiquen en categorías en función del riesgo potencial que pueda derivarse de su rotura o funcionamiento incorrecto.

De acuerdo con el artículo 358 del RD 9/2008, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, las presas y embalses se clasifican en las siguientes categorías:

- a) *En función de sus dimensiones, se considera gran presa aquella cuya altura es superior a 15 metros y la que, teniendo una altura comprendida entre 10 y 15 metros, tenga una capacidad de embalse superior a 1 hectómetro cúbico. Se considera pequeña presa aquella que no cumple las condiciones de gran presa.*

La balsa recogida en este proyecto tiene menos de 15 m de talud exterior y menos de 1 hm³ de capacidad, por lo que se clasifica como **PEQUEÑA PRESA**.

- b) *En función del riesgo potencial que pueda derivarse de su posible rotura o funcionamiento incorrecto, se clasificarán en una de las tres categorías siguientes:*

- 1º. Categoría A: Presas cuya rotura o funcionamiento incorrecto pueden afectar gravemente a núcleos urbanos o a servicios esenciales, o producir daños materiales o medio ambientales muy importantes.*
- 2º. Categoría B: Presas cuya rotura o funcionamiento incorrecto puede ocasionar daños materiales o medioambientales importantes o afectar a un número reducido de viviendas.*
- 3º. Categoría C: Presas cuya rotura o funcionamiento incorrecto puede producir daños materiales de moderada importancia y sólo incidentalmente pérdidas de vidas humanas. En todo caso, a esta categoría pertenecerán todas las presas no incluidas en las categorías A o B.*

En función de lo anteriormente expuesto y, según las características de la balsa proyectada, detalladas en el *Anejo. V. “Cálculo de la balsa y estabilidad de taludes”*, se determina que **no es obligatoria la realización de una propuesta de clasificación**. No obstante, ésta se va a realizar con el fin de asegurar la no afección de las infraestructuras más próximas y que no se producirán daños materiales ni humanos con la rotura de la balsa, quedando así del lado de la seguridad.

6.7.1. Metodología

Se ha utilizado el software informático HEC-RAS bidimensional, versión 5.0.5, para el cálculo dinámico de la rotura y su circulación a lo largo del cauce aguas abajo de la balsa. HEC-RAS es un modelo matemático desarrollado por el cuerpo de Ingenieros del ejército americano, que permite simular el desplazamiento bidimensional de un flujo hidráulico, permitiendo además simular la rotura de presas y balsas.

Tras el análisis y caracterización del cauce aguas abajo de la balsa, se determinan cinco posibles zonas de afección, cuyas características geométricas y topográficas deberán introducirse en el software mencionado para estudiar el paso del agua a su través.

En resumen, una vez simulada la rotura e inundación de la balsa, se concluye que la onda de rotura de la balsa no producirá ninguna afección importante, salvo afecciones leves a casetas agrícolas y al camino de tierra, además de diversas parcelas de cultivo (Tabla 7).

Tabla 7. Resumen posibles afecciones.

Nº AFECCIÓN	DENOMINACIÓN	Tipo de Afección
1	Casetas agrícolas	Afección leve
2	Vivienda aislada	Sin afección
3	Camino de tierra	Afección leve
4	Canal del Bajo Guadalquivir	Sin afección
5	Camino asfaltado	Sin afección

Fuente: Elaboración propia.

6.7.2. Clasificación

Atendiendo a los resultados expuestos anteriormente, se clasifica la balsa proyectada como **Categoría C:**

Puede producir solo accidentalmente pérdida de vidas humanas. No puede afectar a vivienda alguna y solo de manera no grave a algún servicio esencial. Los daños medioambientales que puede producir deben ser poco importantes o moderados. Únicamente puede producir daños económicos moderados.

6.8. Sistema de riego

6.8.1. Características de la finca

La finca que se va a proyectar presenta las siguientes características:

- Olivar superintensivo con marco 3,75 x 1,5 m.
- Superficie de riego: 50,7 ha.
- Riego programado para Mayo, Junio, Julio, Agosto y Septiembre.
- La estrategia del riego será diaria, variando en función del mes, de forma que se irá incrementando el riego hasta el momento de la recolección de la aceituna.

6.8.2. Sectores de riego

La superficie de riego se dividirá en dos sectores (Sector Alto y Sector Bajo), que serán regados por turnos, en función de las necesidades hídricas del cultivo.

Se han escogido dos sectores de riego para minimizar la demanda máxima, dividiéndola en dos fases y disminuyendo así los diámetros y caudales necesarios. De este modo, primero se regará un sector y seguidamente, el otro.

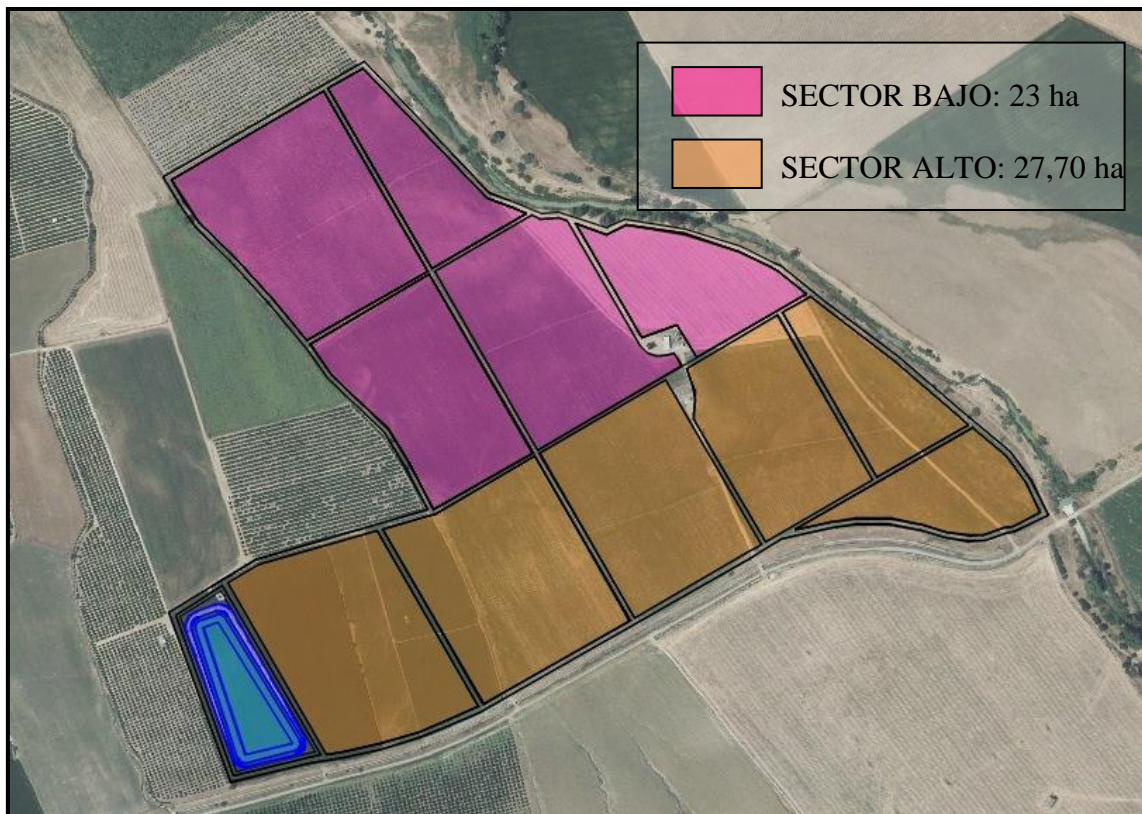


Figura 4. Sectores de riego (Sector Alto y Sector Bajo) en la finca “Las Mercedes”.

Fuente: Elaboración propia.

6.8.3. Elección de los ramales de goteo

La elección de los goteros integrados autocompensantes se debe, entre otras cosas, a que las pérdidas de presión de estos goteros son menores, por lo que pueden usarse ramales más largos. Se han escogido, por tanto, goteros autocompensantes con un caudal nominal de 1,6 l/s y una separación entre goteros de 0,60 m. Teniendo en cuenta que se dispondrá un ramal de goteo por cada línea de olivos, cuyas calles se separan 3,75 m, se obtiene un caudal de diseño de 2,27 l/s.

6.8.4. Dosis y frecuencia de riego

Se realizará el riego preferiblemente por la noche, siendo posible realizarlo en dos turnos, puesto que el mes con mayores horas de riego (julio), tendría un total de 6,2 horas, quedando los demás dentro de este horario. La aplicación del riego por la noche

permite incrementar la eficiencia de la evapotranspiración por la planta, aprovechando el menor coste de la electricidad en este horario.

6.8.5. Unidades de riego

Cada sector de riego está dividido, a su vez, en unidades de riego para tener una mayor optimización de su manejo. Cada unidad tendrá una tubería portarramal con los ramales necesarios en cada una para el riego de los diferentes bloques.

La finca se ha dividido en dos sectores compuestos por 11 bloques de riego en total. El Sector Alto (SA), está formado por seis bloques de riego, con una superficie total de 27,70 ha, distribuidas a lo largo de la zona sur de la finca. Al norte se encuentra el Sector Bajo (SB), compuesto por cinco bloques de riego con un total de 23 ha.

Se dispondrán, además, un total de 11 hidrantes, uno por cada unidad de riego.

6.8.6. Dimensionamiento de la red de riego

❖ Red de tuberías primarias

La metodología empleada ha sido la siguiente:

1. Definición de la topología de las redes.
2. Cálculo de los caudales circulantes por cada tramo de cada red.
3. Cálculo de las variaciones de energía en el último emisor de cada ramal y del portarramal, así como la variación de cota. A partir de aquí se obtiene la máxima pérdida de energía en cada unidad de riego. Éstas han sido calculadas a través de la expresión de pérdidas de carga en tuberías de Hazen-Williams.
4. Fijación de presión mínima de 20 m.c.a en cada hidrante, que, en principio debe ser presión suficiente para que los ramales de goteo estén dentro del rango de presiones de trabajo, y que se comprobará en el dimensionamiento de las tuberías secundarias.

5. Dimensionamiento y optimización de la red de riego en función de los parámetros anteriormente definidos y calculados.
6. Fijación de la red de tuberías primarias (véase Anejo VII. “*Cálculo hidráulico de la red de riego*”).

Finalmente, se ha optado por una red telescópica, que comienza con una tubería de P.E.A.D. 315 mm de diámetro que une la balsa con la nave de filtrado y bombeo, seguida a partir de aquí por dos tuberías de P.V.C. 250 mm de diámetro que se dirigen, cada una, hacia un sector de riego diferente y que terminan con una tubería de P.V.C. 90 mm de diámetro, teniendo tramos intermedios de 200 mm, 140 mm y 125 mm de diámetro. Para un mayor detalle, véase Anejo VII. “*Cálculos hidráulicos de la red de riego*”.

❖ Red de tuberías secundarias

Esta red está formada por tuberías de PEBD y timbraje 4 bar. La metodología empleada ha sido la siguiente:

1. Definición de la topología de las redes.
2. Cálculo de los caudales circulantes por cada tramo de cada red.
3. Cálculo de las variaciones de energía en el último emisor de cada ramal y del portarramal, así como la variación de cota. A partir de aquí se obtiene la máxima pérdida de energía en cada unidad de riego. Éstas han sido calculadas a través de la expresión de pérdidas de carga en tuberías de Hazen-Williams. Hay que tener en cuenta, en este caso, que se trata de tuberías con salidas múltiples (los ramales de goteo), por lo que a la hora de calcular las pérdidas de carga, habrá que aplicar el factor F de Christiansen.
4. Fijación de presión mínima de 20 m.c.a en cada hidrante, que, en principio debe ser presión suficiente para que los ramales de goteo estén dentro del rango de presiones de trabajo, y que se comprobará en el dimensionamiento de las tuberías secundarias.

5. Dimensionamiento y optimización de la red de riego en función de los parámetros anteriormente definidos y calculados.
6. Fijación de la red de tuberías secundarias (véase Anejo VII. “*Cálculo hidráulico de la red de riego*”).

Al inicio de cada unidad de riego habrá un regulador de presión cuya función será la regular la caída de presión a la salida del aparato para mantenerla en unos límites que fijamos.

La red portarramales será de PEBD y estará compuesta por los portagoteros de 0,75 metros de separación entre goteros.

6.8.7. *Equipo de filtrado*

Se ha escogido un equipo de filtrado compuesto por dos filtros automáticos de malla, con un caudal de limpieza de 150 m³/h cada uno.

Estos se colocarán en paralelo, en el cabezal de riego, entre la bomba de impulsión y las tuberías primarias que transportan el agua, ya filtrada, hasta los distintos sectores de riego. Su disposición en planta puede observarse más detalladamente en el Plano N° 7.1. “Nave de Bombeo y Filtrado. Distribución”, adjunto.

Otros elementos accesorios del sistema de distribución serán:

- Manómetros: colocados en cada unidad de riego antes y después del regulador de presión. También estará en la cabeza de riego antes y después de cada elemento. Los manómetros serán de glicerina para amortiguar vibraciones que afecten a la medición.
- Ventosas: instaladas en los lugares con mayor cota para eliminar el aire del interior de la red.
- Válvulas: se instalarán válvulas tipo mariposa en la entrada de cada sector y unidad de riego, así como en la cabeza de riego.

6.9. Impulsión y equipos de bombeo

6.9.1. Impulsión pozo-balsa

Para el bombeo de agua desde el pozo hasta la balsa de almacenamiento y regulación de agua, se ha escogido un equipo de bombeo formado por una bomba sumergida. Esta bomba se ha seleccionado para un caudal de bombeo de 45 l/s (162 m³/h) y una altura manométrica de 27 metros.

Para el cálculo de las pérdidas de carga se ha empleado la ecuación de pérdidas de carga de Hazen-Williams, con la que se obtiene unas pérdidas de 9,2 m, dato que, junto con la diferencia de cotas entre el nivel dinámico de agua en el pozo (43,40 m) y nivel de agua en la balsa (se tomará el valor de la cota de coronación = 60,6 m, suma los 27 metros tomados como altura manométrica para la elección de la bomba.

Las principales características técnicas de esta bomba son:

- Caudal de bombeo requerido: 162 m³/h.
- Altura manométrica: 27 m.
- Potencia absorbida: 16 kW.
- Potencia nominal: 17,5 kW.
- Eficiencia: 77,5 %.
- Rendimiento del motor: 81,8 %.
- Velocidad del motor: 2.882 rpm.

6.9.2. Impulsión balsa-sectores de riego

Para el bombeo de agua desde la balsa de almacenamiento de agua proyectada hasta los diferentes sectores de riego, se ha escogido un equipo de bombeo formado por una bomba horizontal. Esta bomba se ha seleccionado para un caudal de bombeo de 63 l/s (226,80 m³/h) y una altura manométrica de 37 metros.

Así mismo, para que sea posible su utilización para los dos sectores de riego, se dispondrá de un variador de frecuencia, con el fin de modificar la frecuencia eléctrica, transmitiendo una velocidad de giro del motor diferente y reduciendo así los efectos transitorios ocasionados en el arranque y la parada.

En nuestro caso, el objetivo ha sido disminuir los parámetros de altura (H) y caudal (Q), pasando de 37 m (Sector Alto) a 30 m (Sector Bajo) y de 63 l/s (Sector Alto) a 52,5 l/s (189 m³/h) (Sector Bajo).

Las principales características técnicas de esta bomba son:

- Caudal de bombeo requerido: 226,80 m³/h.
- Altura manométrica: 37 m.
- Potencia absorbida: 27,58 kW.
- Potencia nominal: 30 kW.
- Eficiencia: 82,80 %.
- Rendimiento del motor: 93,60 %.
- Velocidad del motor: 1.473 rpm.

6.9.3. *Cálculo del golpe de ariete*

Es fundamental en toda impulsión estudiar las posibles sobrepresiones o depresiones que pudieran producirse como consecuencia de la parada brusca de los equipos de bombeo; tal caso puede presentarse ante un corte inesperado de la energía eléctrica.

El estudio de las posibles sobrepresiones o depresiones se ha realizado para el bombeo correspondiente al tramo comprendido entre la toma de agua en el pozo para su bombeo hasta la balsa de almacenamiento proyectada, ya que los otros bombeos son de poca altura geométrica y no producirán una sobrepresión problemática.

El estudio se ha realizado mediante el método de Mendiluce, siendo los datos de partida los siguientes:

- Caudal impulsado: 45 l/s
- Desnivel geométrico: 17,20 m
- Altura manométrica: 27,0 m
- N° tramos: 1

Para estos datos se han obtenido los parámetros de tiempo de parada (8,15 s); celeridad de la onda de propagación (270,23 m/s) y longitud crítica (1.101,23 m)

De este modo, la máxima sobrepresión que se alcanzará en el origen de la impulsión es de 31,62m.c.a. y, por consiguiente, la máxima presión a soportar por la tubería en dicho punto será de 48,82m.c.a.

Dado que el timbraje de la tubería es de 60 m.c.a., se determina que no será necesario disponer de un dispositivo antiariete para evitar la rotura de la tubería.

6.10. Sistema de fertirriego

La plantación de olivar se regará mediante riego localizado con fertirriego. Para ello, se disponen dos depósitos de almacenamiento de 10.000 l y 5.000 l de capacidad, situados en el anexo a la nave de bombeo y filtrado, protegidos mediante una cubierta de chapa. Así mismo, será necesaria la instalación de una bomba inyectora, que se ubicará en el interior de la nave de bombeo y filtrado.

6.11. Nave de bombeo y filtrado

Con el fin de alojar los equipos de bombeo y filtrado, se proyecta una nave de 6,50x6,60 m (medidas exteriores) y una altura de pilares de 4,00 m, con una estructura de tipo metálico, cerramiento de placas de hormigón prefabricadas y cubierta de chapa prelacada.

La cimentación de la estructura se realizará mediante zapatas de hormigón armado HA-25 N/mm², apoyadas sobre pozos de hormigón HM-20 N/mm² hasta el firme de cimentación, para que absorban los esfuerzos que les trasmitan los pilares de los pórticos.

Las cargas para las que ha sido calculada la estructura se desprenden del Documento Básico SE-AE: Seguridad Estructural. Acciones en la Edificación del Código Técnico de la Edificación (RD 314/2006), no siendo de aplicación la norma de construcción sismorresistente: parte general y edificación NCSE-02 (RD 997/2002), en cumplimiento del artículo 1.2.3. al tratarse de una construcción de importancia moderada. Además los pórticos se encuentran bien arriostrados en todas las direcciones.

Para el cálculo constructivo del presente proyecto se han tenido en cuenta todas las normas en vigor que le son de aplicación, y en concreto la EHE-08, DB SE-A: Seguridad estructural. Acero (CTE), DB SE-C: Seguridad estructural. Cimientos (CTE) y la NCSE 02.

Para un mayor detalle de las características de la nave de bombeo y filtrado proyectada véase Anejo X. “*Nave de bombeo y filtrado*”.

6.12. Instalación eléctrica

Se ha proyectado la instalación eléctrica necesaria para suplir las necesidades de potencia y alumbrado que requieren las instalaciones de filtrado y bombeo desde la balsa, e impulsión desde el pozo descritas en el presente proyecto.

La energía eléctrica procederá de dos centros de transformación ya existentes en la finca, cuya ubicación se muestra a continuación en la Figura 5.

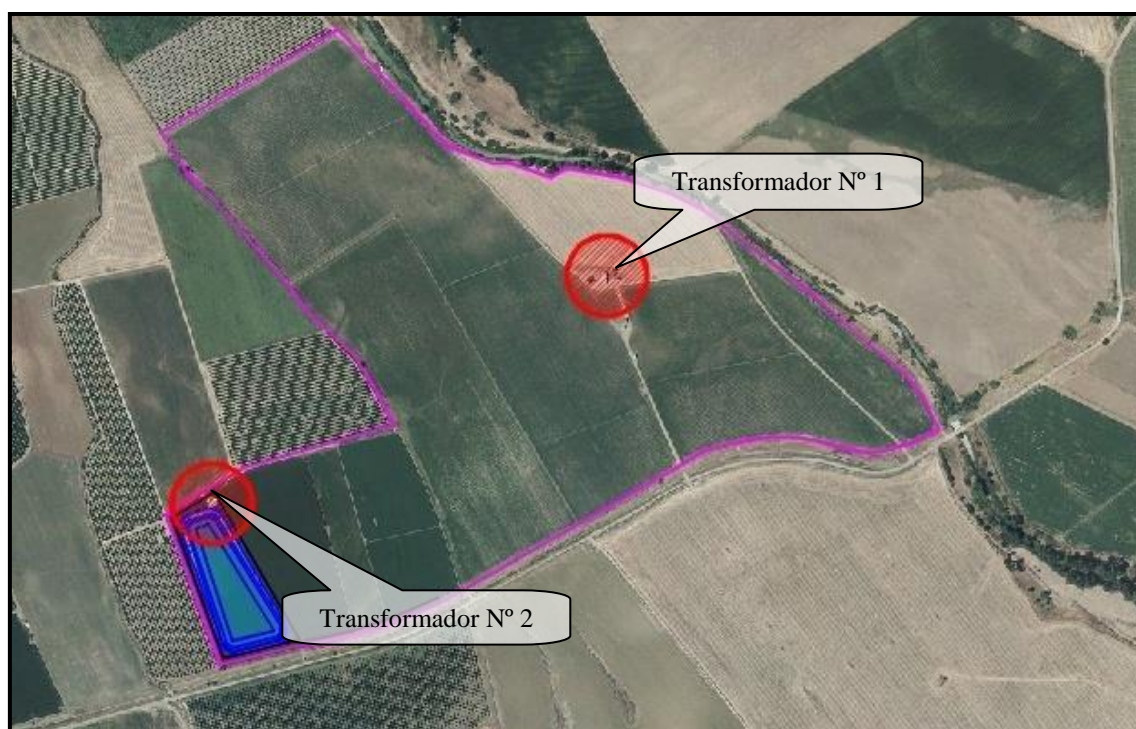


Figura 5. Localización de los transformadores existentes en la finca “Las Mercedes”.

Fuente: Elaboración propia a partir de Ortofoto PNOA, 2018. Instituto Geográfico Nacional.

Se trata de dos transformadores montados en poste a intemperie. El transformador N° 1, con una potencia de 50 kVA se encuentra próximo al pozo existente y junto a una nave en desuso actualmente. Dado que haremos uso del mismo pozo, servirá este transformador para su alimentación eléctrica, puesto que es compatible con la potencia de la bomba instalada (17,5 kW).

En cuanto al transformador N° 2, éste se encuentra adjunto a unas antiguas naves de maquinaria y bombeo, a las que, anteriormente, se dirigía el agua del pozo para su bombeo a diferentes sectores de riego anteriores al proyecto. Posee una potencia de 100 kVA, por lo que podrá ser utilizado para la alimentación eléctrica a la nave de bombeo y filtrado, que se encuentra próxima a esta instalación.

6.12.1. Metodología

Para el cálculo de la instalación eléctrica se ha empleado el software informático CIEBT, para Instalaciones Eléctricas en Baja Tensión.

6.12.2. Previsión de potencia

La potencia total que demandará la instalación necesaria en la nave de bombeo y filtrado, se resume como sigue en la Tabla 8:

Tabla 8. Potencia total instalada.

	Potencia instalada (W)
Al int	120
Al emerg	5
TF Subcuad 16/10A	70
Válvula motorizada 1	5.750
Válvula motorizada 2	120
Bomba horizontal (V/V)	30.000
Bomba inyectora	750
Control	400
Total	37.335

Fuente: Elaboración propia.

De estos valores se deduce que:

- Potencia Instalada Alumbrado (W): 195
- Potencia Instalada Fuerza (W): 37.140
- Potencia Máxima Admisible (W): 48.205,02

Con estos valores, se obtienen los parámetros de intensidad de cálculo, intensidad admisible, cortocircuito y dimensionamiento del cableado para el Cuadro General de Mando y Protección, que se muestran en el Anejo VIII. “*Instalación Eléctrica*”.

7. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Según el Anexo III de la Ley 3/2014, de 1 de octubre, de medidas normativas para reducir las trabas administrativas para las empresas, en el que se modifica algunos aspectos de la Ley 7/2007, de 9 de Julio de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental, de la Junta de Andalucía (el Anexo I de esta Ley se sustituye por el

Anexo III de aquella), se clasifica el presente proyecto de ejecución dentro de la Categoría 9:

Categoría 9. Agricultura, selvicultura y acuicultura

“9.5. Proyectos de gestión de recursos hídricos para la agricultura, con inclusión de proyectos de riego o de avenamientos de terrenos, cuando afecten a una superficie mayor de 10 hectáreas o bien proyectos de consolidación y mejora de regadíos de más de 100 hectáreas.”

La finca objeto de estudio contará con la implantación de un sistema de riego en una superficie de 50,7 ha, y, por tanto, será necesario que se someta al procedimiento de Autorización Ambiental Unificada (AAU).

Para ello, se ha realizado un análisis ambiental del territorio afectado, estudiando el medio físico, biótico, perceptual y socioeconómico así como los posibles impactos que la ejecución del proyecto pueda ocasionar a cada uno de éstos.

Finalmente, se han establecido las medidas preventivas correspondientes para reducir, eliminar o compensar los efectos ambientales significativos así como un plan de vigilancia ambiental para asegurar que se lleven a cabo dichas medidas.

Este estudio de Evaluación de Impacto Ambiental puede verse con más detalle en el Anejo XVI. *“Estudio de Impacto Ambiental”*.

8. EVALUACIÓN ECONÓMICA

Para comprender de un modo mejor la evaluación económica del proyecto y conocer realmente si existe rentabilidad o no, se han estudiado dos casos, para los que se han planteado diferentes escenarios.

El primer caso estudiado ha sido la situación económica de la finca sin la ejecución del proyecto, y, el segundo caso, una vez llevada a cabo la ejecución del proyecto.

La evaluación económica se ha realizado siguiendo el criterio de los flujos de caja, para lo cual se ha contabilizado tanto los flujos ordinarios como los extraordinarios, teniendo en cuenta, en su caso, el plan de puesta en marcha de la transformación y una vida útil del proyecto de 30 años.

Para determinar los flujos anuales del proyecto, se han identificado y cuantificado, a través del análisis de inversión y explotación del proyecto, los insumos y salidas que intervienen en el mismo, para cada uno de los escenarios planteados.

Tras el análisis de las diferentes alternativas, se concluye la ejecución del presente proyecto como la opción más rentable, bien con financiación propia o mixta. A continuación se muestran los resultados obtenidos de la comparación de ambas situaciones (Tabla 9). Para un mayor detalle, véase Anejo XV. “*Evaluación financiera*”.

Tabla 9. Índices de rentabilidad para las dos situaciones de estudio.

Índice	Sin ejecución del proyecto	Con ejecución del proyecto
V.A.N. (2%) (€)	515.551,19	2.516.189,33
T.I.R. (%)	10	13
Payback (años)	11,4 años	7,75 años
Relación Beneficio-Inversión (%)	1,71	2,26

Fuente: Elaboración propia.

Tal y como se observa, resulta más rentable la situación en la que se lleva a cabo el presente proyecto de ejecución, en la que todos los índices de rentabilidad estudiados son más favorables, resultando, concretamente, un 32% más rentable, en cuanto a la relación beneficio-inversión.

Una vez conocemos la opción más rentable desde el punto de vista económico, es importante realizar un análisis de sensibilidad, en el que se barajen diferentes

alternativas de financiación así como posibles fluctuaciones en el precio de mercado de la aceituna, con el fin de asegurar la rentabilidad de la inversión.

Se estudian, por tanto, diferentes situaciones desfavorables, en las que el precio de la aceituna se vea reducido de forma considerable y obteniendo así el mínimo precio de mercado a partir del cual la explotación dejaría de ser rentable; o bien se produzca la combinación de una merma de la producción junto con una bajada del precio de mercado de la aceituna.

Tras el análisis y cálculo de los índices de rentabilidad económica para los tipos de interés planteados, se pueden deducir las siguientes conclusiones prácticas acerca de la rentabilidad de la inversión del presente proyecto de ejecución:

- Ante los dos casos iniciales estudiados, se deduce que la realización del proyecto es la opción más rentable, por presentar mayores índices de rentabilidad. De este modo, la situación en la que se encuentra la finca “Las Mercedes”, se vería favorecida de forma económica con la implantación del proyecto.
- En una situación normal y esperada, la realización del proyecto resulta rentable desde el punto de vista económico, pues su Valor Actual Neto es positivo (2.516.189,33 € $i=2\%$) para todos los tipos de interés elegidos. Su tasa de rendimiento (TIR) se considera adecuada (13%), garantizando también la rentabilidad del proyecto. Así mismo, la recuperación de la inversión se producirá a los 7 años y 9 meses, periodo de tiempo razonable considerando la gran vida útil de la plantación.
- En cuanto al estudio de sensibilidad, se considera que el proyecto no será rentable para un precio de la aceituna $< 0,20$ €/kg. No obstante, este valor es muy inferior a los precios medios de los últimos años, que rondan los 0,45 €/kg.
- La financiación mixta supone una buena opción como ayuda y facilidad para el pago de la inversión inicial, pues, presenta unos índices de rentabilidad superiores a la situación con financiación propia.

- Finalmente, ante una situación desfavorable, en la que la producción esperada fuese un 15% menor y el precio de la aceituna descendiera a 0,35 €/kg, se considera que el proyecto sigue siendo rentable, aunque con menores beneficios.

9. RESUMEN GENERAL DEL PRESUPUESTO

1 BOMBEO EN POZO.....	14.454,10
2 TUBERÍA DE IMPUSIÓN.....	9.322,70
3 Balsa de Almacenamiento.....	173.551,45
4 ESTACIÓN DE FILTRADO Y BOMBEO.....	72.041,04
5 RED DE RIEGO.....	97.074,71
6 CONTROL DE CALIDAD.....	2.838,83
7 SEGURIDAD Y SALUD.....	2.828,41
8 GESTIÓN DE RESIDUOS.....	1.121,85
TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL	373.233,09
Gastos Generales 13 %	48.520,30
Beneficio Industrial 6 %	22.393,99
PRESUPUESTO EJECUCIÓN POR CONTRATA	444.147,38
IVA (21 %).....	93.270,95
PRESUPUESTO DE LICITACIÓN	537.418,33

Asciende el total del Presupuesto de Licitación del presente proyecto a la cantidad de QUINIENTOS TREINTA Y SIETE MIL CUATROCIENTOS DIECIOCHO EUROS con TREINTA Y TRES CÉNTIMOS.

Córdoba, Septiembre de 2018.

Alumna Máster en Ingeniería Agronómica.

Victoria Ruiz Bujalance

ANEJO I

ESTUDIO AGRONÓMICO

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	3
2. SITUACIÓN GEOGRÁFICA	3
3. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y EDAFOLÓGICAS	7
3.1. Composición y propiedades del suelo	7
3.2. Análisis del suelo	12
3.2.1. Análisis edáfico de la finca.....	12
3.2.2. Análisis litológico de la parcela	15
3.2.3. Toma de muestras	17
3.2.4. Interpretación de los resultados	19
3.2.5. Resultados.....	27
3.2.6. Recomendaciones	28
4. CLIMATOLOGÍA	28
4.1. Metodología de estudio.....	29
4.2. Fuente de datos de estudio	29
4.3. Horas de frío	31
4.4. Humedad Relativa.....	31
4.5. Radiación	32
4.6. Clasificación climática según Papadakis	33
5. CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO	33
5.1. Calidad de las aguas subterráneas para riego.....	36
6. BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES CONSULTADAS	40

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de este informe es el de analizar las características climáticas, geológicas y edafológicas de la zona de estudio, con el fin de conseguir información suficiente sobre el suelo y su entorno y que permita así, realizar un aprovechamiento racional de estos recursos en relación a las obras a ejecutar.

Este estudio es vital para el establecimiento del riego de la plantación puesto que, tanto el suelo como las características y condicionantes agroclimáticos son factores clave para la toma de decisiones y en el correcto desarrollo del cultivo.

2. SITUACIÓN GEOGRÁFICA

Las instalaciones de riego a proyectar se encuentran en la finca “Las Mercedes”, situada en el término municipal de Palma del Río, al suroeste de la provincia de Córdoba, tal y como se muestra en la Figura 1.



Figura 1. Situación geográfica del T.M. de Palma del Río, en la provincia de Córdoba.

Fuente: Elaboración propia a partir de IGME, 2018.

El término municipal de Palma del Río, con una extensión de 200,20 km², se sitúa entre los municipios de Fuente Palmera, al Este; Cañada Rosal, al Sur; Hornachuelos al Norte y Lora del Río y la Campaña que lo rodean en su cara Oeste. Así mismo, en su

límite Norte, el término municipal es atravesado por el Río Guadalquivir, lo que le confiere una situación estratégica en pleno Valle del Guadalquivir.

La finca objeto de estudio está formada por las siguientes parcelas, según información facilitada por Catastro y tal y como se muestra a continuación en la Tabla 1 y en la Figura 2.

Tabla 1. Relación de parcelas que conforman la finca “Las Mercedes”.

Municipio	Polígono	Parcela	Referencia Catastral	Superficie (ha)
49 - Palma del Río	21	71	14049A021000710000II	6,5074
49 - Palma del Río	21	72	14049A021000720000IJ	1,6224
49 - Palma del Río	21	95	14049A021000950000IO	10,3953
49 - Palma del Río	21	96	14049A021000960000IK	28,8417
49 - Palma del Río	21	97	14049A021000970000IR	10,8120
49 - Palma del Río	21	110	14049A021001100000IH	3,0781
49 - Palma del Río	21	337	4049A021003370000IY	1,6226
49 - Palma del Río	21	338	14049A021003380000IG	1,9277
Total Superficie Catastral				64,8072

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Catastro, 2018.

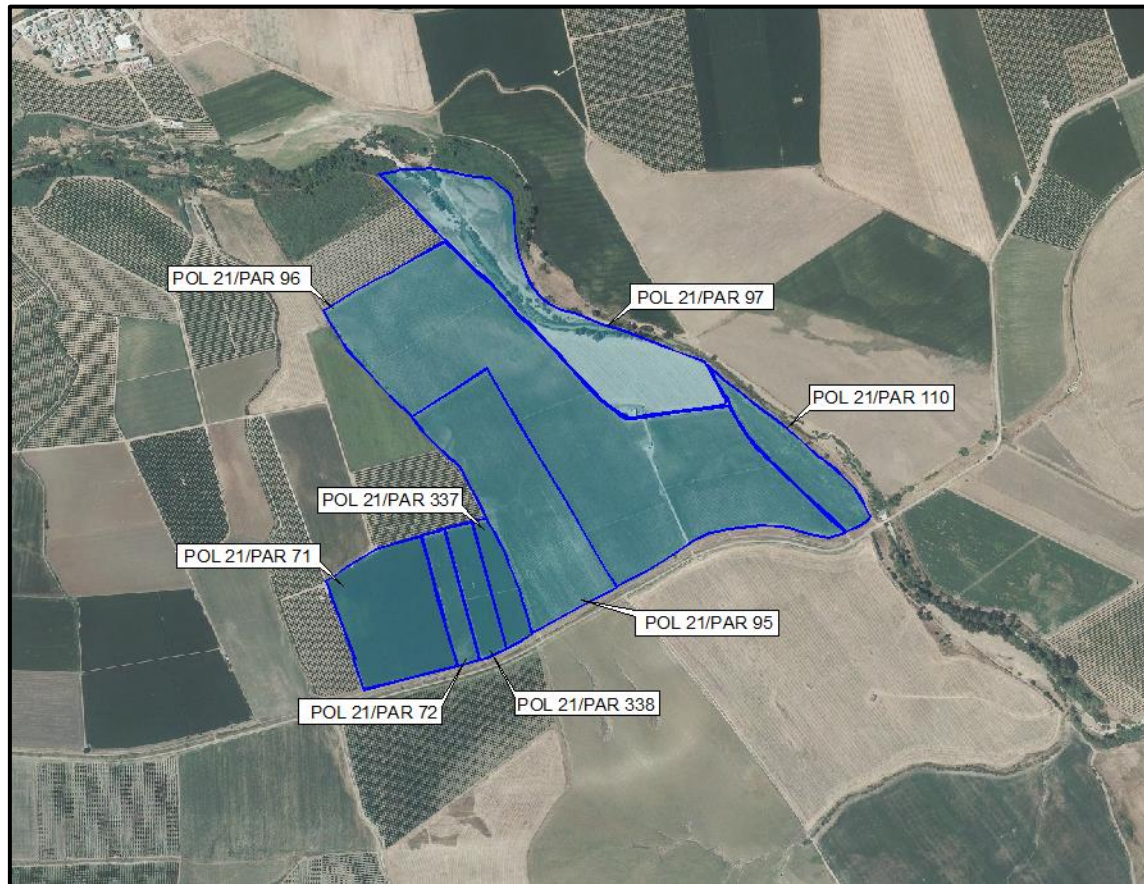


Figura 2. Localización de las parcelas que componen la finca “Las Mercedes”, en el T.M. de Palma del Río.

Fuente: Elaboración propia a partir de parcelario del Catastro, 2018.

Como se ha comentado, la finca se enclava en pleno Valle del Guadalquivir, lo que confiere a los suelos un medio físico idóneo para la explotación agrícola. La zona objeto de estudio se encuentra a tan solo 1,2 km del Río Guadalquivir en dirección Noroeste, aunque éste discurre al Norte de la finca de Este a Oeste, siendo el arroyo “Madre de Fuentes” límite de la finca en toda su cara Este. Así mismo, las parcelas de estudio se sitúan a 7,4 km del municipio de Palma del Río en dirección Suroeste y a 10,1 km del municipio La Campana, como términos más próximos.

El acceso a la finca se realiza a través de la carretera provincial CO-A-1371, de Palma del Río a Lora del Río, en dirección Lora del Río, desviándose en esta dirección

hacia la izquierda para acceder a la parcela 97 del polígono 21 de dicho término municipal, accediendo así a un camino que recorre de forma perimetral toda la finca.

3. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS Y EDAFOLÓGICAS

El suelo es un sistema complejo y dinámico generado por la interacción de múltiples factores, de los cuales los dominantes son las rocas, las biocenosis, y el clima. A todo ello hay que añadir el factor tiempo en su doble acepción: duración, como posibilidad de maduración por cumplimiento de los procesos edafogenéticos e historia como existencia de suelos resultado de la acción del hombre.

En cada zona hay un tipo de suelo distinto con unas características físicas y químicas que determinan su grado de adaptabilidad al cultivo de las distintas especies y variedades vegetales. Por lo que, debido a todos estos factores, es necesario su completo conocimiento de las características y propiedades del mismo.

El término municipal de Palma del Río se encuadra dentro de la unidad denominada Depresión del Guadalquivir, que coincide con la cuenca del río Guadalquivir, constituida por las regiones naturales de Sierra Morena y la Campiña. Las tres unidades estructurales netamente distinguibles a lo largo de la cuenca del Guadalquivir son: el Macizo Hercínico, el Neógeno autóctono y el Olistostroma (formación alóctona). Atendiendo a los factores anteriormente mencionados, y, como se verá más adelante, los suelos predominantes en la finca corresponden a una zona edáfica mediterránea fuertemente modificada por la acción humana

3.1. Composición y propiedades del suelo

El suelo está compuesto por una matriz sólida en la que hay partículas minerales, así como la materia orgánica del mismo. Por otro lado, hay una matriz porosa que ocupa la zona por la que circula el agua y el aire.

❖ Propiedades físicas

Las propiedades más importantes son:

- **Textura:** es la posición relativa de cada partícula mineral de elementos finos que hay en el terreno. Dependiendo de la proporción de cada uno de los elementos, los suelos se pueden agrupar en distintas clases texturales según el triángulo de la USDA, como se observa en la siguiente figura (Figura 3).

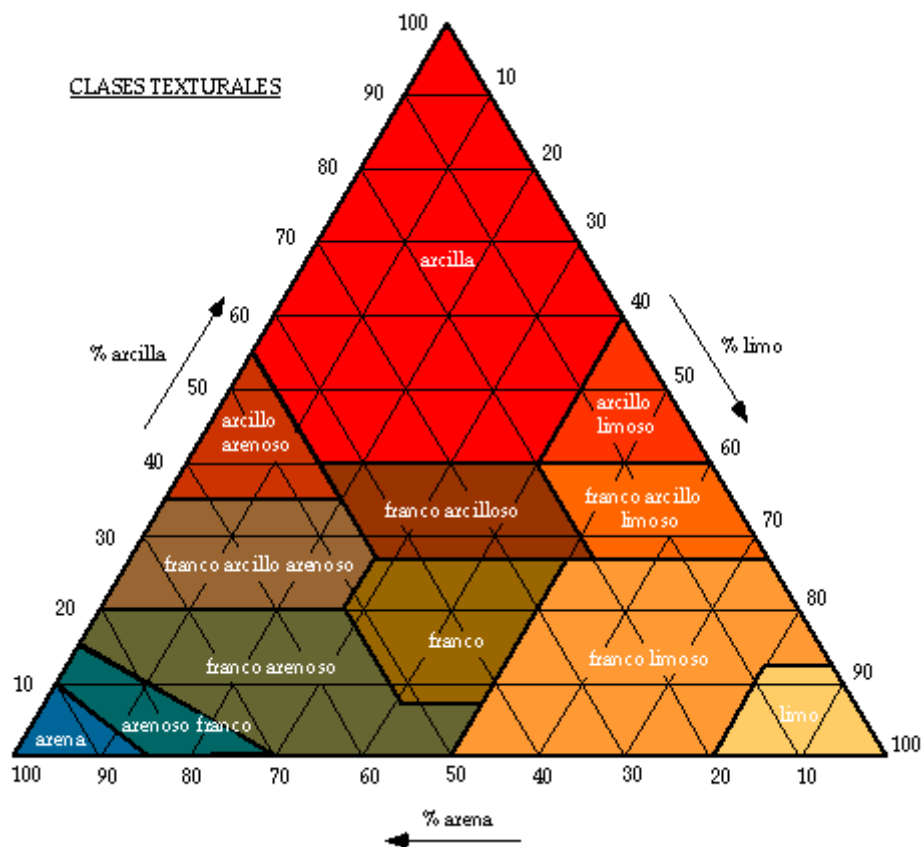


Figura 3. Triángulo de texturas del suelo que muestra los porcentajes de la arena (0.05-2mm), limo (0.002- 0.05mm) y arcilla (<0,002 mm) de los tipos de textura básicos del suelo.

Fuente: USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos).

Los suelos arcillosos tienen alta capacidad de retención de agua y nutrientes, mientras que presentan problemas de aireación y poca movilidad del agua. Por otro lado, los suelos arenosos presentan una alta permeabilidad, facilitando el movimiento del aire y el agua. Esto puede ser un problema, debido a la escasa capacidad de retención de agua que presentan. Los suelos limosos tienen una mala

estructura, que juntándola con la dificultad para la aireación y movimiento del agua hace que sean unos suelos de mala calidad agronómica.

- **Estructura:** la estructura del suelo corresponde a la disposición de todas las partículas minerales que forman el mismo. En el suelo, las partículas minerales finas (arena, limo y arcilla) se encuentran formando unidades de mayor tamaño, llamadas agregados. Los principales agentes agregantes son: la materia orgánica y los óxidos de hierro del suelo.

La estructura del suelo varía en función de la humedad del mismo, acentuándose cuando el suelo está seco y debilitándose cuanto mayor sea la humedad que haya en el suelo. La estructura de un suelo se puede clasificar según su forma, tamaño y grado de desarrollo de los agregados.

Un suelo presenta una mala estructura cuando se produce un sellado de sus poros, dificultando la infiltración y percolación del agua y aireación. Suelos con un alto porcentaje de partículas muy finas (limos y arcillas) presentan una mala estructura.

- **Porosidad:** representa el porcentaje de huecos existentes en un suelo respecto al volumen total. Tiene relación con el tipo de textura y estructura que presenta el suelo. Representa el volumen total de suelo por el que podrán circular el aire y el agua y muestra propiedades muy importantes en un suelo como la capacidad de almacenamiento de agua, infiltración y permeabilidad, entre otras características.
- **Índice de plasticidad (límites de Atterberg):** se define límite líquido de un suelo como el contenido de humedad en el punto de transición del estado plástico al semilíquido. El límite plástico se define como el contenido de humedad en el punto de transición desde el estado semisólido al plástico.

De la diferencia de los dos parámetros anteriormente definidos se obtiene el índice de plasticidad que, cuanto mayor es su valor, menor será la permeabilidad del material y viceversa. Una arena, por ejemplo, presentará un índice de plasticidad nulo, mientras que una arcilla pura poseerá un alto índice de plasticidad.

- **Expansibilidad e hinchamiento:** el ensayo de apisonado suministra información importante para la realización de terraplenes, dado que la compactación de un suelo hace que aumente su densidad y produce dos efectos importantes:
 - Incremento de la resistencia al corte (aumentando la estabilidad de los taludes de los terraplenes).
 - Disminución de la compresibilidad, con la consiguiente disminución de la porosidad de los suelos y la permeabilidad de los mismos.

En cuanto a la expansividad e hinchamiento, todos los suelos arcillosos experimentan variaciones según el grado de humedad, correlativas con variaciones de la tensión capilar y la presión efectiva. La importancia de estas variaciones dependerá de la naturaleza de la arcilla y del clima.

Cabe destacar otras propiedades físicas del suelo, como la **coloración, capacidad de almacenamiento de agua y profundidad efectiva.**

❖ **Propiedades químicas**

Las propiedades o factores más importantes son: Materia Orgánica, Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), pH, poder tampón y potencial de oxidación-reducción.

- **Materia Orgánica:** está formada por todas las sustancias de origen animal y vegetal que se acumulan o se incorporan al suelo. Un alto porcentaje de materia orgánica nos proporciona efectos positivos en las propiedades físicas y químicas del suelo como es la mejora de estructura, promoviendo la formación de agregados y aumentando la estabilidad del mismo. También aumenta la fertilidad del suelo, mayormente de nitrógeno.
- **Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC):** la CIC es un proceso de intercambio de cationes absorbidos por las superficies de las partículas por cationes de disolución del suelo. Los cationes que absorben están asociados a las

superficies de los filosilicatos o del humus, pero sin llegar a formar parte de éstos. Seguidamente, los cationes pueden pasar a filosilicatos y el humus a la disolución del suelo por intercambio de otros cationes y desde ahí, ser absorbidos por la planta. Como conclusión, el CIC es la aptitud del suelo para almacenar nutrientes catiónicos esenciales.

La mayor parte de los nutrientes esenciales para las plantas están presentes en el suelo o son aportados como fertilizantes. Por tanto, la absorción catiónica constituye un mecanismo muy importante para evitar su pérdida por lixiviación.

Mientras más alta sea la CIC, mejor fertilidad potencial del suelo. Hay que tener en cuenta que una CIC alta no garantiza la cantidad de todos los nutrientes ya que puede haber un déficit o superávit de los mismos.

- **Poder tampón:** es la propiedad de amortiguar los cambios de concentración de los nutrientes en la disolución del suelo, teniendo una gran importancia para la fertilidad del suelo. Cuanto más CIC tenga el suelo, más poder tampón tendrá el mismo.
- **pH:** muestra el grado de acidez o alcalinidad del suelo, cuantificado por la concentración de iones de hidrógeno en la disolución del suelo. En función del valor que alcance el pH hay distintas categorías de suelos:

Muy ácidos: 8.5

Ácidos: 5.5-6.5

Neutros: 6.5-7.5

Alcalinos: 7.5-8.5

Muy alcalinos: >8.5

❖ Fertilidad del suelo

La fertilidad del suelo es la capacidad de suministrar nutrientes que las plantas necesitan para su desarrollo vegetativo y productivo. Depende de la cantidad de nutrientes disponibles para la planta y el poder tampón del suelo para el nutriente en cuestión.

3.2. Análisis del suelo

Se han llevado a cabo tres pasos principales para el análisis del suelo:

- Toma de muestras mediante realización de calicata.
- Determinaciones analíticas en laboratorio.
- Interpretación de los resultados.

3.2.1. Análisis edáfico de la finca

Como se ha mencionado anteriormente, en el término municipal de Palma del Río aparecen tres unidades estructurales. Sin embargo, en la zona de estudio se encuentran representadas, en superficie, sólo dos de las unidades citadas: El Macizo Hercínico y el Neógeno autóctono. El Neógeno es transgresivo sobre el Paleozoico y su línea de contacto se corresponde a grandes rasgos con la antigua orilla del mar que invadió la Depresión del Guadalquivir, formando un surco marino desde el océano Atlántico hasta el mar Mediterráneo, que cubrió gran parte de la zona Subbética. La mayor parte de la zona de campiña se encuentra recubierta por aluviones recientes y otros sedimentos cuaternarios y pliocuaternarios.

Coincidiendo con lo expuesto, desde un punto de vista edáfico, la finca se encuentra en una zona conformada por dos unidades edáficas:

- Unidad 2.
- Unidad 23.

La unidad 2 está constituida en su totalidad por Fluvisoles calcáreos, mientras que la unidad 23 está formada por la asociación de Vertisoles crómicos y Cambisoles vérticos con Cambisoles cálcicos, Regosoles calcáreos y Vertisoles pélicos, tal y como se muestra en la Figura 4.

Los **Fluvisoles calcáreos** están constituidos por depósitos, predominantemente recientes, de origen fluvial o lacustre. Se trata de suelos directamente relacionados con el cauce de los ríos, con las llanuras de inundación y con los depósitos aluviales sobre los que se forman. Su perfil tiene una apreciable profundidad de suelo útil y suele ser muy complejo ya que se ha ido formando por sucesivas avenidas que aportan materiales de texturas y granulometría diferentes, constituyendo los llamados suelos “de vega”. Las vegas del Guadalquivir y del Genil son ocupadas, por tanto, por suelos de tipo fluvisol calcáreo, caracterizado por presentar una textura media-franco-limosa, con fases más gruesas en ocasiones, dependiendo de la mayor o menor proximidad al río.

Se encuentran en áreas periódicamente inundadas, a menos que estén protegidas por diques de llanuras aluviales, abanicos fluviales y valles pantanosos. El perfil es de tipo AC con evidentes muestras de estratificación que dificultan la diferenciación de los horizontes. En definitiva, son suelos con características adecuadas para cultivos de consumo, huertas y pastos.

Los **Vertisoles** son suelos de perfiles A(B)C, A(B)gC o A(B)Cg, más o menos homogeneizados o irregularmente diferenciados como consecuencia de movimientos internos y frecuentemente por la existencia de un microrrelieve de tipo *gilgai*, caracterizado por movimientos intermitentes en el terreno. Sus horizontes se diferencian entre sí por la estructura que los conforman. Morfológicamente, el tipo de suelo que se identifica es el de **vertisol crómico y el pélico**. El vertisol crómico, pese a caracterizarse por poseer un apreciable contenido de arcilla hinchable (montmorillonita), no la posee en proporciones elevadas como los Vertisoles pélicos. El vertisol pélico, indica que la matriz del suelo (los 30 cm superiores) tiene una intensidad de color en húmedo de 3.5 o menos y una pureza de 1.5 o menor. En definitiva, los vertisoles se vuelven muy duros en la estación seca y muy plásticos en la húmeda. El labrado es muy difícil excepto en los

cortos periodos de transición entre ambas estaciones. Con un buen manejo, son suelos muy productivos.

Los **Cambisoles** se desarrollan sobre materiales de alteración procedentes de un amplio abanico de rocas, entre ellos destacan los depósitos de carácter eólico, aluvial o coluvial. El perfil es de tipo ABC. El horizonte B se caracteriza por una débil a moderada alteración del material original, por la usencia de cantidades apreciables de arcilla, materia orgánica y compuestos de hierro y aluminio de origen aluvial.

Permiten un amplio rango de posibles usos agrícolas, siendo sus principales limitaciones la topografía, el bajo espesor, la pedregosidad o el bajo contenido en bases. Predominan los Cambisoles vérticos (en los que el suelo presenta un horizonte vértico) y cálcicos (son calcáreos en los primeros 20 a 50 cm).

Los **Regosoles** calcáreos son suelos desarrollados sobre materiales no consolidados, alterados y de textura fina. Son muy comunes en determinadas comarcas Sevillanas, como la Vega del Guadalquivir, próxima a la zona de estudio. El perfil es de tipo AC. La evolución del perfil es mínima como consecuencia de su juventud, o de un lento proceso de formación por una prolongada sequedad. Su uso y manejo varían muy ampliamente.

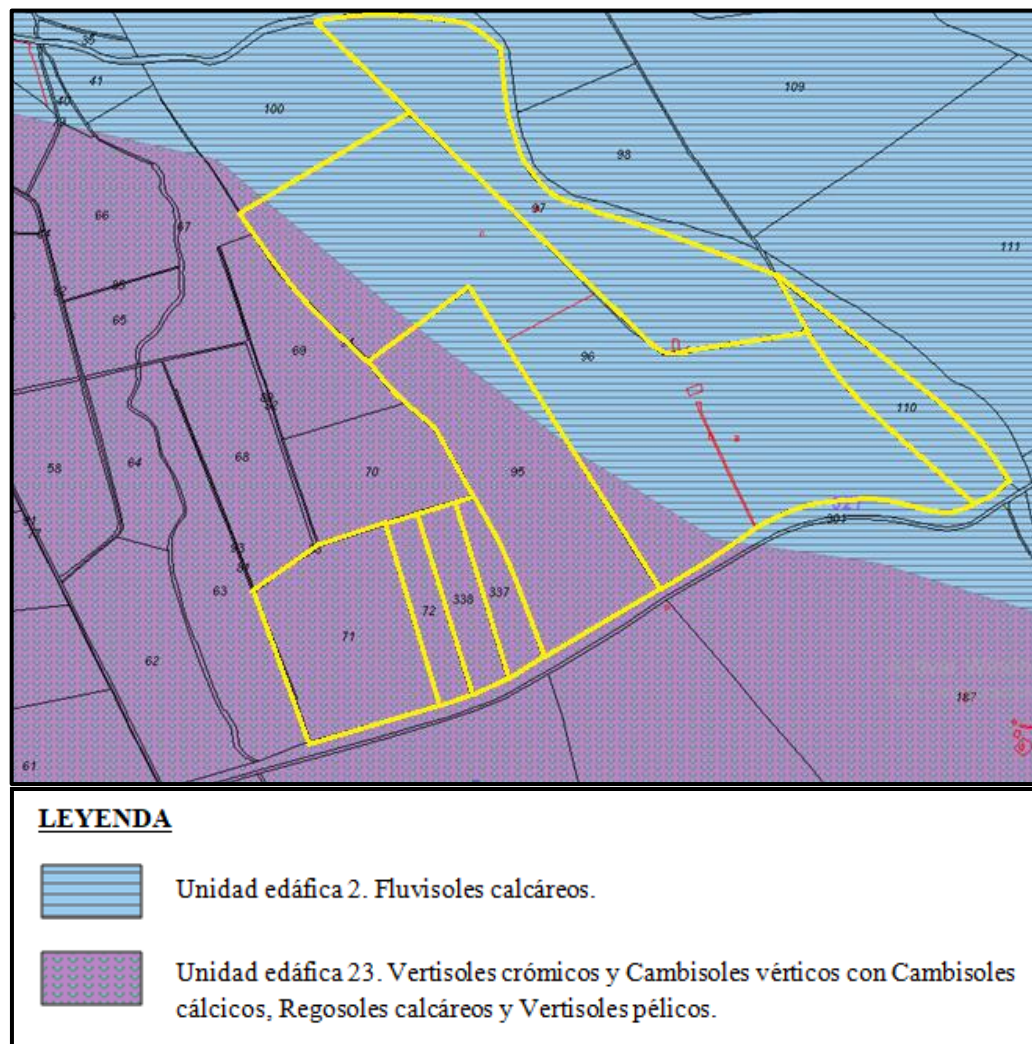


Figura 4. Mapa edáfico de la finca “Las Mercedes”.

Fuente: Elaboración propia a partir de Mapa de Suelos de Andalucía, Red de Información Ambiental de Andalucía (REDIAM), 2018.

3.2.2. Análisis litológico de la parcela

Los niveles geológicos encontrados en la zona responden a las edades del:

- Pliocuatrnario.
- Cuaternario.

Los materiales que conforman estos niveles geológicos son:

- Pliocuatrnario (Raña). La raña que, con carácter regional, cubre grandes extensiones en la parte central de la cuenca del Guadalquivir, tiene en la zona una

amplia representación. Este material se formó durante una etapa antigua del Cuaternario y posiblemente del Pliocuatnario. Los materiales que la forman son conglomerados, gravas, arenas, areniscas, limos, arcillas y costras calcáreas, siendo el más abundante la arena. La potencia es variable, se estima unos 8 metros de espesor, pero en muchos casos puede ser mínimo e incluso faltar quedando enmascarada por el suelo.

- Cuaternario (Aluviales, 1ª Terraza, 2ª Terraza). El Cuaternario adquiere un gran desarrollo, constituyendo una ancha franja paralela al curso del Guadalquivir. Las formaciones cuaternarias son principalmente sedimentos fluviales con naturaleza de gravas más o menos sueltas o compactadas en función de su edad y que se disponen a distinta cota. Se han delimitado tres niveles fluviales:
 - Aluvial. Gravas de cantos medios a gruesos, bastante redondeados, totalmente sueltos y composición variada, arenas sueltas y limos.
 - Primera Terraza. Gravas poco cementadas con cantos de tamaño medio, con arenas y lodos que hacen de matriz; suele tener de 1 a 4 metros de potencia.
 - Segunda Terraza. Conglomerado y gravas sueltas, de tamaño medio y fino, con arena y algo de arcilla arenosa o limosa. Por alteración dan costras rojizas.

A continuación, se muestra en la Figura 5, las unidades litológicas que conforman la finca, según el Mapa litológico de Andalucía.



Figura 5. Mapa litológico de la finca “Las Mercedes”.

Fuente: Elaboración propia a partir de Mapa Litológico de Andalucía, Red de Información Ambiental de Andalucía (REDIAM), 2018.

3.2.3. Toma de muestras

Dado el tamaño de la finca (64,807 ha), se han realizado dos calicatas, distribuidas según se muestra a continuación en la Figura 6.

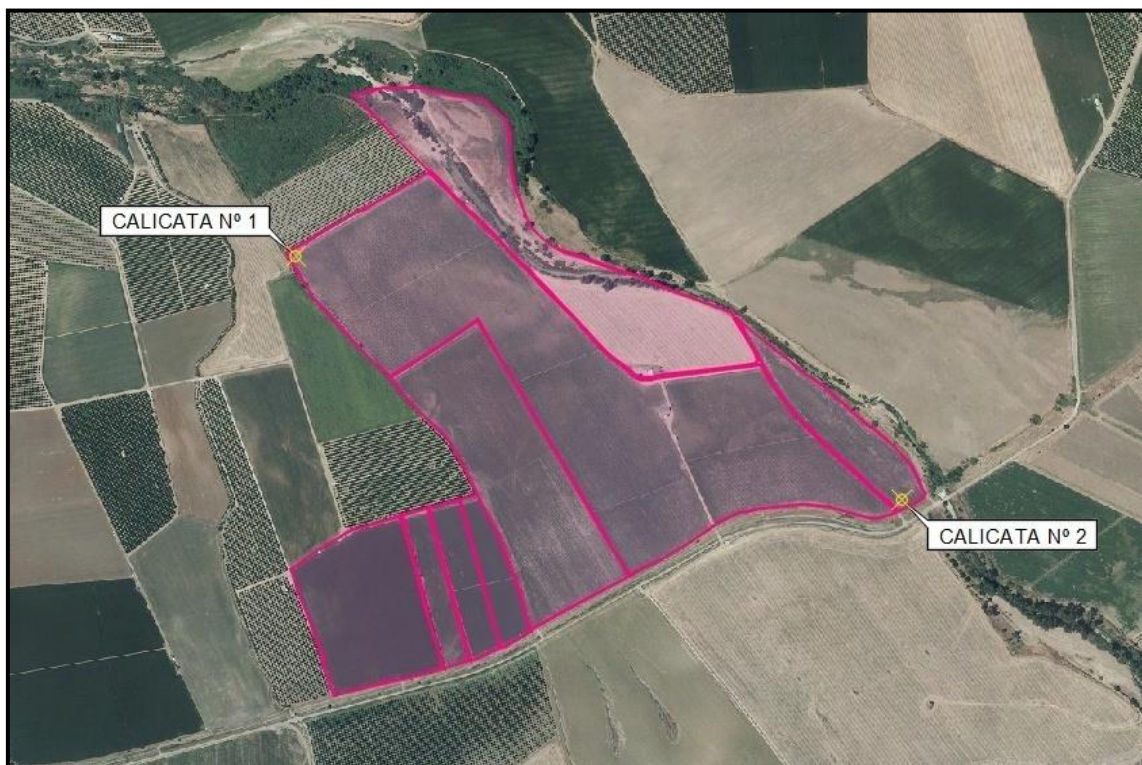


Figura 6. Ubicación de calicatas para toma de muestras.

Fuente: Elaboración propia.

La apertura de las calicatas de reconocimiento permite conocer la estratigrafía y la litología de las capas más superficiales del suelo, observando de forma directa determinados parámetros geotécnicos de interés para la redacción del presente estudio.

En la zona de estudio, según se indica en el “*Anejo III. Estudio Geotécnico*”, el grado de excavabilidad es fácilmente excavable y el avance se ha realizado con retroexcavadora mixta, por lo que se deduce que la arcilla es poco compacta.

Debido al buen grado de excavabilidad del suelo, las calicatas se realizaron con ayuda de un brazo mecánico retroexcavador, lo que permitió otorgar mayor profundidad a la toma de muestras. De este modo, las calicatas de las cuales se tomaron las muestras, tienen unas dimensiones de 2x2 m y 3 m de profundidad para la calicata N° 1 y de 2x2 y 3,40 m de profundidad en el caso de la calicata N° 2. Se rasparon aproximadamente 4 cm las paredes y unos diez centímetros de profundidad con la ayuda de un escardillo y se

determinaron los tipos de límites entre horizontes, color de los mismos mediante el sistema Munsell, estructura y textura.

3.2.4. Interpretación de los resultados

Se han analizado el color, estructura y textura de los diferentes horizontes para cada una de las calicatas realizadas. En este caso, según se indica en la Tabla 2:

Tabla 2. Profundidad de los distintos horizontes distinguidos en las calicatas realizadas.

	Nº de Horizontes	Profundidad (m)
Calicata Nº 1	A	0,00 - 0,80
	B	0,80 - 1,50
	C	1,50 - 3,00
Calicata Nº 2	A	0,00 - 0,70
	B	0,70 - 3,40

Fuente: Estudio geotécnico realizado por laboratorio encargado de los análisis.

3.2.4.1. Calicata Nº 1

❖ Características físicas

- **Color:** fue realizada “in situ” en la calicata para evitar contaminación de la muestra y poder obtener resultado con mayor exactitud. Según el Sistema Munsell, tenemos los siguientes valores:

Horizonte A: 5 YR, 3 Value, 8 Chroma.

Horizonte B: 5 YR, 2 Value, 8 Chroma.

Horizonte C: 5 YR, 2 Value, 8 Chroma.

En el laboratorio se volvió a determinar el color de las muestras una vez tamizadas y se obtuvieron unos resultados de 5 YR, 3 Value, 8 Chroma para las tres muestras. Como se puede apreciar, las diferencias entre medidas no son

significativas a pesar de que hay desigualdades en las condiciones en las que fueron tomadas.

- **Estructura:** fue determinada en campo, siendo la descripción de cada horizonte y su estructura, la que se muestra a continuación en la Tabla 3:

Tabla 3. Descripción y tipo de estructura para cada horizonte de la Calicata N° 1.

N° Horizonte	Descripción	Grado estructural
A (0,00-0,80 m)	Suelo vegetal de arcilla	Tipo granular mediano y sin estructura (agregación).
	limosa negra con restos de raíces y olor a materia orgánica.	
B (0,80-1,50 m)	Arcilla limosa marrón con bolos de cuarcita.	Tipo prismática gruesa de grado medio.
	Abundantes nódulos de carbonato cálcico de color blanco.	
C (1,50-3,00 m)	Gravas y bolos cuarcíticos con matriz arcillosa.	Tipo gruesa de grado fuerte.

Fuente: Estudio geotécnico realizado por laboratorio encargado de los análisis.

- **Textura:** fue obtenida en laboratorio por el densímetro de “Bouyoucos” obteniendo los siguientes resultados (Tabla 4):

Tabla 4. Tipología y composición, Calicata N° 1.

	% Arena	% Limo	% Arcilla	Clasificación USDA
Calicata N° 1	27	27	46	ARCILLOSO

Fuente: Estudio geotécnico realizado por laboratorio encargado de los análisis.

- **Índice de plasticidad (límites de Atterberg):** la determinación de los límites de Atterberg se ha realizado siguiendo el procedimiento establecido en las normas UNE 103103:1994 “Determinación del límite líquido de un suelo por el método

del aparato de Casagrande” y UNE 103104:1993 “Determinación del límite plástico de un suelo”. Los resultados se muestran en la Tabla 5:

Tabla 5. Índice de plasticidad, Calicata N° 1.

Muestra	Límite líquido	Límite plástico	Índice plasticidad
Calicata N°1 (muestra a 2,1 – 3,0 m)	34,60	16,30	18,30

Fuente: Estudio geotécnico realizado por laboratorio encargado de los análisis.

- **Ensayos de apisonado, expansibilidad e hinchamiento:** el ensayo de apisonado se realiza siguiendo los procedimientos establecidos en la norma UNE 103500. A continuación, en la Tabla 6, se muestran los resultados de los diferentes ensayos realizados.

Tabla 6. Parámetros físicos del suelo, Calicata N° 1.

Parámetro	Unidad	Resultado
Densidad Seca	g/cm ³	1,670
Densidad Aparente	g/cm ³	1,800
Densidad Sumergida	g/cm ³	0,800
Densidad Saturada	g/cm ³	1,980
Densidad Máxima	g/cm ³	2,010
Porosidad	n	0,320
Humedad Óptima	g/cm ³	10,500
Cohesión	Kpa	5,325
Ángulo de rozamiento interno	°	29,790

Fuente: Estudio geotécnico realizado por laboratorio encargado de los análisis.

❖ **Características químicas**

A continuación, en las Tablas 7 y 8 se muestran los valores de macronutrientes presentes en el suelo, así como las condiciones de habitabilidad, obtenidos de los diferentes análisis químicos.

Tabla 7. Macronutrientes del suelo, Calicata N° 1 (0,80 cm).

Parámetro	Unidad	Método	Horizonte A
Nitrógeno	% p/p	Kjeldahl	0,06
Fósforo Olsen	mg/kg	BicarbNa	10,00
K disponible	mg/kg	NH ₄ Cl	4,66
Ca disponible	mg/kg	NH ₄ Cl	4.990,00
Mg disponible	mg/kg	NH ₄ Cl	427,00
Na disponible	mg/kg	NH ₄ Cl	169,00
C.I.C	meq/100g	Acetato Na	32,00
Acidez intercambiable	meq/100g	Vol. Ácido-Base	2,00
Saturación en K	%	Cálculo	4,00
Saturación en Mg	%	Cálculo	11,00
Saturación en Ca	%	Cálculo	78,00
Saturación por Na	%	Cálculo	2,00
Saturación en Bases	%	Cálculo	95,00

Fuente: Estudio geotécnico realizado por laboratorio encargado de los análisis.

Tabla 8. Condiciones de habitabilidad, Calicata N° 1 (0,80 cm).

Parámetro	Unidad	Método	Horizonte A
Ph en agua	U pH	Extract 1:2,5	7,89
Ph en KCl	U pH	Extract 1:2,5	7,25
Conductividad eléctrica (25°C)	mS/cm	Potenclometría	0,286
M.O.	% p/p	Dicromato	1,48

Parámetro	Unidad	Método	Horizonte A
Relación C/N Oxid.	-	Cálculo	14,20
Caliza total	% p/p	HCl	21,00
Caliza activa	% p/p	Droulneau	8,00
Relación (Ca+Mg)/K	-	Cálculo	24,00
Relación Ca/K	-	Cálculo	21,00
Relación Ca/Mg	-	Cálculo	7,00
Relación Mg/K	-	Cálculo	3,00

Fuente: Estudio geotécnico realizado por laboratorio encargado de los análisis.

3.2.4.2. Calicata N° 2

❖ Características físicas

- **Color:** fue realizada “in situ” en la calicata para evitar contaminación de la muestra y poder obtener resultado con mayor exactitud. Según el Sistema Munsell, tenemos los siguientes valores:

Horizonte A: 5 YR, 3 Value, 6Chroma.

Horizonte B: 5 YR, 2 Value, 8 Chroma.

En el laboratorio se volvió a determinar el color de las muestras una vez tamizadas y se obtuvieron unos resultados de 5 YR, 3 Value, 8 Chroma para las dos muestras. Como se puede apreciar, las diferencias entre medidas no son significativas a pesar de que hay desigualdades en las condiciones que fueron tomadas.

- **Estructura:** fue determinada en campo siendo la descripción de cada horizonte y su estructura, la que se muestra a continuación en la Tabla 9:

Tabla 9. Descripción y tipo de estructura para cada horizonte de la Calicata N° 2.

N° Horizonte	Descripción	Grado estructural
A (0,00-0,70 m)	Arcilla limosa negra con restos de raíces y olor a materia orgánica.	Tipo granular mediano y sin estructura (agregación).
B (0,70-3,40 m)	Arcilla limosa marrón con abundantes nódulos de carbonato cálcico.	Tipo prismática gruesa de grado medio.

Fuente: Estudio geotécnico realizado por laboratorio encargado de los análisis.

- **Textura:** fue obtenida en laboratorio por el densímetro de “Bouyoucos” obteniendo los siguientes resultados (Tabla 10):

Tabla 10. Tipología y composición, Calicata N° 2.

	% Arena	% Limo	% Arcilla	Clasificación USDA
Calicata N° 2	17	29	53	ARCILLOSO

Fuente: Estudio geotécnico realizado por laboratorio encargado de los análisis.

- **Índice de plasticidad (límites de Atterberg):** la determinación de los límites de Atterberg se ha realizado siguiendo el procedimiento establecido en las normas UNE 103103:1994 “Determinación del límite líquido de un suelo por el método del aparato de Casagrande” y UNE 103104:1993 “Determinación del límite plástico de un suelo”. Los resultados se muestran en la Tabla 11:

Tabla 11. Índice de plasticidad, Calicata N° 2.

Muestra	Límite líquido	Límite plástico	Índice plasticidad
Calicata N° 2 (muestra a 2,1 – 3,0 m)	34,50	19,30	15,20

Fuente: Estudio geotécnico realizado por laboratorio encargado de los análisis.

- **Ensayos de apisonado, expansibilidad e hinchamiento:** el ensayo de apisonado se realiza siguiendo los procedimientos establecidos en la norma UNE 103500. A continuación, en la Tabla 12, se muestran los resultados de los diferentes ensayos realizados.

Tabla 12. Parámetros físicos del suelo, Calicata N° 2.

Parámetro	Unidad	Resultado
Densidad Seca	g/cm ³	1,44
Densidad Aparente	g/cm ³	1,53
Densidad Sumergida	g/cm ³	0,69
Densidad Saturada	g/cm ³	1,85
Densidad Máxima	g/cm ³	1,48
Porosidad	N	0,39
Humedad Óptima	g/cm ³	23,80
Cohesión	Kpa	10,211
Ángulo de rozamiento interno	°	23,97

Fuente: Estudio geotécnico realizado por laboratorio encargado de los análisis.

❖ Características químicas

A continuación, en las Tablas 13 y 14 se muestran los valores de macronutrientes presentes en el suelo, así como las condiciones de habitabilidad, obtenidos de los diferentes análisis químicos.

Tabla 13. Macronutrientes del suelo, Calicata N° 2 (0,80 cm).

Parámetro	Unidad	Método	Horizonte A
Nitrógeno	% p/p	Kjeldahl	0,10
Fósforo Olsen	mg/kg	BicarbNa	4
K disponible	mg/kg	NH ₄ Cl	595
Ca disponible	mg/kg	NH ₄ Cl	5.145

Parámetro	Unidad	Método	Horizonte A
Mg disponible	mg/kg	NH ₄ Cl	524
Na disponible	mg/kg	NH ₄ Cl	130
C.I.C	meq/100g	Acetato Na	35
Acidez intercambiable	meq/100g	Vol. Ácido-Base	3
Saturación en K	%	Cálculo	4
Saturación en Mg	%	Cálculo	12
Saturación en Ca	%	Cálculo	73
Saturación por Na	%	Cálculo	2
Saturación en Bases	%	Cálculo	92

Fuente: Estudio geotécnico realizado por laboratorio encargado de los análisis.

Tabla 14. Condiciones de habitabilidad, Calicata N° 2 (0,80 cm).

Parámetro	Unidad	Método	Horizonte A
Ph en agua	U pH	Extract 1:2,5	7,90
Ph en KCl	U pH	Extract 1:2,5	7,09
Conductividad eléctrica (25°C)	mS/cm	Potenclometría	0,228
M.O.	% p/p	Dicromato	2,05
Relación C/N Oxid.	-	Cálculo	11,90
Caliza total	% p/p	HCl	10
Caliza activa	% p/p	Droulneau	3
Relación (Ca+Mg)/K	-	Cálculo	20
Relación Ca/K	-	Cálculo	17
Relación Ca/Mg	-	Cálculo	6
Relación Mg/K	-	Cálculo	3

Fuente: Estudio geotécnico realizado por laboratorio encargado de los análisis.

3.2.5. Resultados

- Geológicamente, se podría decir que la zona de estudio se encuentra fuertemente influenciada por los materiales propios del Valle del Guadalquivir y, en general, de la campiña andaluza, como son las rocas parentales de tipo calcáreo, areniscas, arcillas y conglomerados, distribuidos por la totalidad de la finca, debido a su cercanía al Río Guadalquivir y a la baja cota a la que se encuentran.

Además, conviene destacar que el motivo de que encontremos mayoría de rocas sedimentarias proviene del origen geológico del Valle del Guadalquivir, provocado por un hundimiento en el que los movimientos alpinos desembocaron en el relleno de sedimentos terciarios procedentes del mar, en el periodo del Mioceno.

- En cuanto los tipos de suelo, según se ha observado en el mapa edáfico de la finca descrito anteriormente, se distinguen dos unidades perfectamente definidas. En la zona Norte y Este de la finca, predominan los Fluvisoles calcáreos; mientras que en el Sur y Oeste, destaca la asociación de Vertisoles crómicos y Cambisoles vérticos con Cambisoles cálcicos, Regosoles calcáreos y Vertisoles pélicos
- Con respecto a los materiales rocosos, se pueden distinguir algunos cantos rodados, la mayoría, cuarcitas y areniscas.
- En cuanto a las características químicas del suelo, se puede concluir que:
 - El pH es alcalino ($\text{pH} \approx 7,8$) prácticamente en la totalidad de la finca.
 - El contenido de elementos fertilizantes disponible (sodio, calcio, magnesio y potasio) presentan unos niveles adecuados en ambas calicatas. Sin embargo, el contenido de nitrógeno y fósforo se encuentra por debajo de los niveles recomendados, aunque, en general, podría decirse que el nivel de elementos fertilizantes es adecuado.
 - En cuanto al contenido de materia orgánica, éste se encuentra por debajo de los valores medios recomendados.

3.2.6. *Recomendacions*

Como recomendaciones principales, habría que centrarse en la conservación y mantenimiento del suelo. En cuanto al abonado, se recomienda un abonado rico en nitrógeno y fósforo con el fin de mantener y mejorar los niveles de elementos fertilizantes en el suelo. Finalmente, dado que los valores de macronutrientes encontrados son adecuados, sí se observan algunos por debajo de lo recomendado, por lo que se aconseja una vigilancia y control del contenido de minerales en el suelo para la realización de abonado, si fuese necesario.

4. CLIMATOLOGÍA

Conocer la climatología de la zona geográfica en la que se va a realizar el diseño del riego y las obras proyectadas, es fundamental para tomar decisiones correctas a la hora de la puesta en marcha del riego.

Entre todos los factores climáticos, hay dos cuyos valores son prioritarios conocer: la temperatura y la pluviometría en la zona concreta. Además, si se quiere calcular de forma manual la evapotranspiración a través de la ecuación de Penman-Monteith, se debe conocer la luminosidad de la zona, la altitud, el viento y la humedad relativa, valores que se obtienen de las estaciones agroclimáticas. Con el valor de esta, junto con los de la pluviometría, se calculan las necesidades hídricas del cultivo (véase “*Anejo II. Necesidades hídricas*”).

Para que la planta tenga un correcto equilibrio y no sufra ningún tipo de estrés hídrico, la precipitación efectiva de la zona de cultivo tiene que ser igual a la evapotranspiración de dicha zona. En caso de que la evapotranspiración supere la precipitación, la planta reduce su actividad fotosintética. Lo ideal para una plantación será conocer la media de precipitación y evapotranspiración para cada uno de los meses. De este modo, se puede conocer la fecha y la cantidad de agua complementaria que se debe suministrar a la plantación mediante riegos de apoyo.

4.1. Metodología de estudio

Para realizar este estudio climatológico de la finca, es necesario obtener información fiable de las diferentes variables climatológicas descritas anteriormente. Dicha información se obtendrá de la estación agroclimática más cercana a la finca objeto de estudio.

Debido a la ubicación de las parcelas que componen la finca “Las Mercedes”, se han tomado los datos climáticos de la estación termopluviométrica “Lora del Río ‘El Priorato’”, en la provincia de Sevilla, situada a 6,10 km de la zona de estudio. Dichos datos proceden de la Red de Estaciones Agroclimáticas de Andalucía para la serie comprendida entre los años 2008 y 2017. Sus coordenadas ETRS89 son las siguientes:

- Latitud: 37° 41' N
- Longitud: 05° 25' W
- Altitud: 65 m

4.2. Fuente de datos de estudio

A continuación, en la Tabla 15, se proporcionan las temperaturas medias, máximas y mínimas en °C durante un periodo de 10 años, comprendido entre 2008 y 2017.

Tabla 15. Temperaturas máximas, mínimas y medias mensuales (°C), 2008-2017.

	T_{MÁX} (°C)	T_{MED} (°C)	T_{MÍN} (°C)
Enero	15,33	3,45	8,73
Febrero	16,90	4,40	10,23
Marzo	20,70	6,55	13,17
Abril	24,04	10,04	16,72
Mayo	28,24	12,59	20,36
Junio	33,47	15,79	24,87
Julio	36,67	17,68	27,30
Agosto	36,67	18,26	27,34
Septiembre	31,40	15,54	23,03

Octubre	26,51	12,28	18,72
Noviembre	19,01	6,60	12,06
Diciembre	15,83	4,21	9,25
Media Anual	25,40	10,61	17,65

Fuente: Estación termopluviométrica de Lora del Río “El Priorato”. Red de Estaciones Meteorológicas de Andalucía, 2018.

Siendo:

- $T_{MÁX}$: *Temperaturas medias diarias de las máximas (°C).*
- $T_{MED.}$: *Temperaturas medias diarias (°C).*
- $T_{MÍN.}$: *Temperaturas medias diarias de las mínimas (°C).*

A continuación, se muestran los valores de precipitación y evapotranspiración media mensuales y media anual de la estación (Tabla 16).

Tabla 16. Valores de precipitación y evapotranspiración (mm), 2008-2017.

	Precip. (mm)	ET₀ (mm)
Enero	51,88	37,51
Febrero	71,92	51,26
Marzo	65,64	89,41
Abril	81,72	119,80
Mayo	41,10	162,17
Junio	10,56	194,49
Julio	0,30	215,19
Agosto	12,90	190,28
Septiembre	24,10	128,77
Octubre	82,24	83,30
Noviembre	83,84	43,23
Diciembre	101,42	32,53
Anual	627,62	1.347,94

Fuente: Estación termopluviométrica de Lora del Río “El Priorato”, Red de Estaciones Meteorológicas de Andalucía, 2018.

Siendo:

- *Precip.:* precipitación media mensual para la serie 2008-2017.
- *ET₀:* evapotranspiración de referencia media mensual para la serie 2008-2017.

La temperatura máxima media es inferior a los 26°C, mientras que la temperatura mínima media no supera los 11°C. En cuanto a la temperatura media, ésta oscila en torno a los 18 °C. Así mismo, la precipitación media anual de la zona es superior a 600 mm en el periodo estudiado.

4.3. Horas de frío

El número de horas de frío se ha estimado por el método de Mota según la siguiente expresión (*Ec. 1*):

$$Y = 485,1 - 28,5 \cdot X \quad \text{Ec. 1}$$

Donde:

- *Y=* número mensual de horas de frío inferior a 7°C
- *X=* Temperatura media mensual, durante el periodo invernal (Noviembre – Febrero)

El valor obtenido de esta expresión, obtenemos 1.408,4 horas de frío anuales.

4.4. Humedad Relativa

En la siguiente tabla (Tabla 17) se muestra la humedad relativa (%) para la serie de años escogida (2008-2017).

Tabla 17. Humedad relativa máxima, mínima y media mensual (%), 2008-2017.

	Hum_{MÁX} (%)	Hum_{MED} (%)	Hum_{MÍN} (%)
Enero	94,11	53,07	80,31
Febrero	92,62	46,71	74,82
Marzo	89,98	37,44	67,42

	Hum_{MÁX} (%)	Hum_{MED} (%)	Hum_{MÍN} (%)
Abril	88,18	33,47	63,07
Mayo	84,72	26,96	55,34
Junio	80,59	21,10	48,24
Julio	76,88	17,45	44,21
Agosto	75,87	18,80	45,05
Septiembre	81,20	27,94	55,39
Octubre	88,39	37,33	67,25
Noviembre	93,10	48,34	76,99
Diciembre	95,02	55,59	82,12

Fuente: Estación termopluviométrica de Lora del Río “El Priorato”, Red de Estaciones Meteorológicas de Andalucía, 2018.

4.5. Radiación

La radiación depende de la latitud a la que se encuentre el terreno. En la Tabla 18 que se expone a continuación, aparecen los valores de la radiación media por meses.

Tabla 18. Radiación media mensual (MJ/m²), 2008-2017.

	Radiación (MJ/m²)
Enero	8,45
Febrero	11,43
Marzo	16,29
Abril	20,49
Mayo	25,08
Junio	28,12
Julio	28,38
Agosto	25,18
Septiembre	19,22
Octubre	13,76
Noviembre	9,61
Diciembre	7,48

Fuente: Estación termopluviométrica de Lora del Río “El Priorato”, Red de Estaciones Meteorológicas de Andalucía, 2018.

4.6. Clasificación climática según Papadakis

La clasificación agroclimática establecida por Papadakis, tipifica los climas en función de las zonas agrícolas. Así, teniendo en cuenta los datos climáticos expuestos en los apartados anteriores, se obtiene la siguiente clasificación:

- Tipo de invierno: Citrus (ci).
- Tipo de verano: Gossypium G (algodón, más cálido).
- Régimen de humedad: Mediterráneo húmedo (ME).
- Régimen térmico: Subtropical cálido (SU).
- Clasificación: Mediterráneo subtropical.

Se trata de un clima con veranos cálidos e inviernos suaves, características que lo hacen ideal para el cultivo del olivar.

5. CALIDAD DEL AGUA DE RIEGO

La cantidad de sales en el agua varía dependiendo del origen del agua o de la época del año en la que se tome la muestra. Esta diferencia puede darse por dos motivos:

- Por la naturaleza de los materiales geológicos con los que el agua contacta en su movimiento y de las variaciones climáticas.
- Por el contacto del agua con las sustancias químicas que se encuentran en los terrenos de cultivo, ya que algunas de ellas percolan o son lavadas de la superficie.

Dependiendo de la cantidad de sales que hay en el agua, esta puede producir efectos beneficiosos, daños leves o daños severos en el cultivo, llegando incluso a alterar gravemente las características físico-químicas del suelo.

Las principales consecuencias que puede presentar el uso de un agua de riego de mala calidad son: salinización y sodización del suelo, fitotoxicidad por elementos químicos y deterioro de las instalaciones.

Salinización del suelo

Las sales aportan muchos elementos esenciales para el crecimiento de las plantas, pero su exceso provoca daños en los cultivos. Los iones que componen la mayor parte de las sales solubles del suelo son: Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , y SO_4^{4-} y en menor cantidad: K^+ , HCO_3^{3-} y NO_3^{3-} . El Na^+ suele ser el componente catiónico más abundante en los suelos salinos y el más móvil, debido a que es el catión menos absorbido por las arcillas y no forma sales insolubles. Respecto a los aniones, el cloro es el más abundante, siendo el más móvil y formando sales solubles con casi todos los cationes.

El problema de la salinidad en el suelo es que aumentar las sales baja el potencial osmótico de la disolución del suelo disminuyendo la capacidad de absorción de agua por las raíces.

Conocer los valores que alcanzan las concentraciones de los iones en el agua es necesario para evaluar la calidad del agua y otros índices de segundo grado.

Fitotoxicidad

Se da cuando algún elemento químico supera en las plantas un determinado umbral de concentración, produciendo un daño o alteración fisiológica por toxicidad. Un agua de riego con altos contenidos de algún elemento puede ser causa de fitotoxicidad.

Sodización del suelo

Los cationes Ca^{2+} (sobre todo) y Mg^{2+} intercambiables sirven de unión entre partículas de arcilla del suelo, favoreciendo la creación de una estructura estable.

Con la sustitución de estos cationes por Na^+ intercambiable (sodización) se produce una degradación de la estructura del suelo, dispersándose los agregados de éste disminuyendo los espacios porosos. Los principales efectos negativos que produce en el suelo son la disminución de la velocidad de infiltración del agua y la permeabilidad del suelo, dando lugar con ello a una mala aireación y un incremento de peligro de erosión.

Deterioro de las instalaciones de riego

Los daños en las instalaciones de riego pueden ser producidos por obstrucción, corrosión o incrustación en los puntos de aplicación del agua, dando lugar a que disminuya la uniformidad y eficiencia del riego. Además, pueden afectar al buen estado y duración de las instalaciones.

Los daños más frecuentes son obstrucciones por sólidos en suspensión. La precipitación de sales poco solubles, como carbonatos o sulfatos de calcio y magnesio u óxidos de hierro, puede provocar también obstrucciones que son más difíciles de controlar, siendo eficaz la acidificación de las aguas. El carácter ácido de muchos de los fertilizantes utilizados en la fertirrigación evita la precipitación de sales, disminuyendo el riesgo de obturación de los emisores.

Normas de interpretación de la calidad agronómica del agua de riego.

Para determinar la calidad agronómica de un agua de riego se deben estimar los riesgos que conlleva su uso en cuanto a salinidad, sodicidad y fitotoxicidad. El riesgo de salinización se estima a partir de los valores de la CE. Respecto al riesgo de fitotoxicidad, se evalúa a partir de las concentraciones de aquellos elementos que pueden provocarla, como el cloro, boro y sodio.

En la siguiente tabla (Tabla 19) se recogen las directrices de la FAO para la interpretación de la calidad del agua de riego según Ayers y Westcot (1985). Valoran el grado de restricción para el uso agrícola del agua según los riesgos potenciales de salinización, sodización y fitotoxicidad.

Tabla 19. Directrices FAO de interpretación de la calidad del agua de riego según los riesgos de salinización, sodización y fitotoxicidad.

RIESGO Medida	GRADO DE RESTRICCIÓN		
	Ninguno	Débil a moderado	Elevado
Salinidad CE (dS/m)	<0,7	0,7-3	>3
Sodización (RAS)			
0-3	>0,7	0,7-0,2	<0,2
3-6	>1,2	1,2-0,3	<0,3
6-12	>1,9	1,9-0,5	<0,5
12-20	>2,9	2,9-1,3	<1,3
20-40	>5,0	5,0-2,9	<2,9
Fitotoxicidad			
Sodio (RAS)	<3,0	3,0-9	>9
Cloro (mg/l)	<140	140-350	>350
Boro (mg/l)	<0,7	0,7-3	>3

Fuente: Ayers y Westcot, 1985.

5.1. Calidad de las aguas subterráneas para riego

El agua empleada para el riego del olivar presente en la finca objeto de estudio provendrá de un pozo existente, con las siguientes coordenadas (ETRS89):

- X= 291.698,90
- Y= 4.171.161,95
- Huso 30

Por tanto, el agua de riego procede de las aguas subterráneas almacenadas. Como consecuencia, se establecerán los parámetros y valores de calidad de las aguas subterráneas facilitados por los controles y muestreos realizados por Confederación Hidrográfica del Guadalquivir.

Dentro de las funciones de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, se encuentra el control de la calidad de las aguas continentales. Estos controles se han

plasmado en la realización de muestreos sobre una red de puntos fijos, en los que se han efectuado medidas in situ y determinaciones analíticas en el Laboratorio.

El 22 de diciembre del año 2.000 se publicó la Directiva 2000/60/CE (Directiva Marco del Agua DMA), por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.

La DMA ha supuesto un profundo cambio de los programas de control de calidad de las aguas, incorporando un nuevo enfoque integral y ecosistémico que va más allá de la concepción tradicional de calidad por usos contemplada por otras Directivas relacionadas con la calidad de las aguas.

En la DMA, los aspectos biológicos e hidromorfológicos toman una especial relevancia en la diagnosis integrada de la calidad, siendo una de las principales finalidades de la Directiva la consecución y el mantenimiento del buen Estado Ecológico y Químico de las aguas superficiales y el buen Potencial Ecológico y Químico de las masas de agua subterráneas.

La Red DMA lleva a cabo un programa de seguimiento de la calidad de la red de aguas subterráneas en la Demarcación Hidrográfica del Río Guadalquivir a través del establecimiento de diferentes estaciones en los que realiza análisis de los parámetros físico-químicos.

Dado que la finca utilizará agua subterránea de la D.H. del Río Guadalquivir para el riego de la explotación agrícola, se han extraído los diferentes parámetros de calidad medidos por la Red de Aguas Subterráneas de la D.H. del Río Guadalquivir de la Estación 5.73.00.01 “Cantera Charamuzca”, por ser la más próxima a la zona de estudio. Sus coordenadas (ETRS89) son las siguientes:

- Coordenada X: 301.337,0
- Coordenada Y: 4.176.488,0
- Huso 30

A continuación, en la Tabla 20, se muestran los valores obtenidos para el último mes registrado (Octubre de 2017).

Tabla 20. Parámetros físico-químicos de las aguas subterráneas para riego, Octubre 2017.

Parámetro	Unidad	Valor
Alcalinidad	mg/l CaCO_3	260,00
Aldrín	$\mu\text{g/l}$	0,00103
Bicarbonatos	mg/l HCO_3	318,00
Calcio	mg/l Ca	183,00
Cloruros	mg/l Cl	185,00
Fluoruros	mg/l F	0,146
Magnesio	mg/Ll Mg	44,40
Nitratos	mg/l NO_3	130,00
Nitritos	mg/l NO_2	0,00
Sulfatos	mg/l SO_4	285,00
Sodio	mg/l Na	167,00
Oxígeno disuelto	mg/l O_2	9,12
Fosfatos	mg/l PO_4	0,073
Terbutilazina	$\mu\text{g/l}$	0,057
Metacloro	$\mu\text{g/l}$	1,25
Endosulfan II	$\mu\text{g/l}$	0,0022
Endosulfan I	$\mu\text{g/l}$	0,00192
pH campo	U. pH	7,61
Potasio	mg/l K	6,73
% Saturación de O_2	%	100,20
Sodio	mg/lNa	93,45
Sólidos en suspensión	mg/l	57,67
Sulfatos	mg/l SO_4	165,82
Temperatura del agua	$^{\circ}\text{C}$	20,00
Materia orgánica	mg/l	3,71
Demanda química Oxígeno	mg/l O_2	0,68
Cond. campo (20°C)	$\mu\text{S/cm}$	1.670,00
Dureza total	mg/l CaCO_3/l	640,00
Dureza permanente	mg/l CaCO_3	379,00

Fuente: Estación “Río Guadalquivir en Peñaflor”, Red DMA.

5.2. Discusión

El agua es considerada por el Real Decreto 140/03, según los parámetros obtenidos, como agua NO POTABLE. Tampoco sería aconsejable la realización de tratamientos mediante depuradora con el objetivo de darle al agua el uso para consumo humano, ya que el contenido de nitratos supera el máximo admisible.

Agronómicamente el agua se considera apta ya que cumple con los requisitos que exige la normativa sobre el uso de aguas residuales, para aplicarlas al suelo, ya que no presenta ningún problema (OMS, 1989), que pueda ocasionar daños al cultivo que se producirá en la finca, o a los futuros consumidores del producto.

6. BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES CONSULTADAS

- PASTOR M. (2005). Cultivo del Olivo con riego localizado. Edición: MundiPrensa, Madrid.
- AYERS, R.S. y WESTCOT, D.W. (1987). Calidad de agua en la agricultura.FAO.
- GARCÍA FERNANDEZ, J. (1982) Edafología y fertilización agrícola. AEDOS.
- MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA (1:50.000) (hojas 942 y 964). Instituto geológico y minero de España (IGME).
- VILLALOBOS, F. y col. (2009). Fitotecnica: Bases y tecnologías de la producción agrícola.2ª Edición. MundiPrensa.
- DATOS HISTÓRICOS. Estación meteorológica de Lora del Río. Red de Estaciones Agroclimáticas de Andalucía. Consejería de agricultura y pesca. Junta de Andalucía.
https://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/ria/servlet/FrontController?action=Static&url=fechas.jsp&c_provincia=41&c_estacion=15 (Septiembre, 2018).
- Instituto Nacional de Estadística.
<http://www.ine.es/daco/daco42/codmun/codmunmapa.htm> (Septiembre, 2018).
- Sede Electrónica del Catastro, Ministerio de Hacienda, Gobierno de España.
<https://www1.sedecatastro.gob.es/> (Septiembre, 2018).
- Visor Rediam, Mapa de Suelos, Junta de Andalucía.
http://laboratoriolediam.cica.es/VisorRediam/?lyr.add.wms=http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/mapwms/REDIAM_Suelos_Alanducia?
(Septiembre, 2018).

- Visor Rediam, Mapa Litológico, Junta de Andalucía.
http://laboratoriolediam.cica.es/VisorGenerico/?tipo=WMS&url=http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/mapwms/REDIAM_Litologico_Andalucia?
(Septiembre, 2018).
- Sistema de Información Geográfica de Datos Agrarios.
<https://sig.mapama.gob.es/siga/> (Septiembre, 2018).

ANEJO II

NECESIDADES HÍDRICAS

ÍNDICE

1. NECESIDADES HÍDRICAS.....	3
1.1. Evapotranspiración	3
1.2. Coeficiente de cultivo, K_C	4
1.3. Cálculo del coeficiente reductor, K_r	5
1.4. Cálculo de la evapotranspiración del cultivo, ET_C	6
1.5. Precipitación efectiva.....	7
2. CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE AGUA EN EL SUELO	8
2.1. Límite superior (Capacidad de Campo) e inferior (Punto de Marchitez Permanente)	8
2.2. Intervalo de humedad disponible	9
2.3. Nivel de agotamiento permisible	10
3. DÉFICIT HÍDRICO	10
4. PROGRAMACIÓN DE RIEGO DEFICITARIO	12
5. BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES CONSULTADAS	15

1. NECESIDADES HÍDRICAS

El cálculo de las necesidades hídricas sirve para estimar en los periodos de déficit pluviométrico la cantidad que habría que aplicar de agua, para que las plantas puedan producir un rendimiento óptimo. Para ello es indispensable conocer algunos aspectos básicos de la relación planta-atmosfera, y estudiar cómo se comporta el cultivo durante su ciclo fenológico.

Para llevar a cabo este estudio, se han utilizado los datos climatológicos expuestos en el “*Anejo I. Estudio Agronómico*” extraídos de la estación agroclimática “Lora del Río ‘El Priorato’”, situada en el término municipal de Lora del Río (Sevilla).

1.1. Evapotranspiración

La evapotranspiración de referencia (ET_0) abarca tanto la evaporación del suelo, como la transpiración de agua en materia vegetal, donde existe una superficie en óptimas condiciones de crecimiento y un adecuado suministro de agua. La Tabla 1 presenta los datos obtenidos de la estación termopluviométrica de “Lora del Río ‘El Priorato’”, referentes a la evapotranspiración de referencia:

Tabla 1. Valores de evapotranspiración (mm), 2008-2017.

Mes	ET_0 (mm)
Enero	37,51
Febrero	51,26
Marzo	89,41
Abril	119,80
Mayo	162,17
Junio	194,49
Julio	215,19
Agosto	190,28
Septiembre	128,77

Mes	ET ₀ (mm)
Octubre	83,30
Noviembre	43,23
Diciembre	32,53
Anual	1347,94

Fuente: Estación termopluviométrica de Lora del Río ‘El Priorato’. Red de Estaciones Meteorológicas de Andalucía, 2018.

1.2. Coeficiente de cultivo, K_C

El coeficiente de cultivo (K_C) refleja la diferencia entre el cultivo y la superficie de referencia. Dado que las características de un cultivo varían en función de su fase de crecimiento, los valores de éste describen una curva a lo largo del ciclo de vida del cultivo, cuya forma refleja los cambios en la vegetación y en la cobertura vegetal debido al crecimiento y maduración en el ciclo de vida del cultivo.

Conociendo los valores de K_C a lo largo del año y la evapotranspiración de referencia (ET₀), se podría calcular la evapotranspiración de cultivo (ET_C). El valor máximo de K_C correspondería a los meses de primavera y otoño, en los que la superficie del suelo suele estar húmeda una buena parte del tiempo. En el caso del olivo, el coeficiente de cultivo no solo depende del área foliar de la plantación, sino también de las condiciones climáticas, ya que el árbol cierra estomas cuando la humedad relativa del aire es baja, independientemente del contenido de agua del suelo (*Barranco et col, 1997*). Sus valores se muestran a continuación en la Tabla 2:

Tabla 2. Evolución del coeficiente de cultivo a lo largo del ciclo de vida del olivo.

Mes	K _C
Enero	0,50
Febrero	0,50
Marzo	0,65
Abril	0,60

Mes	K _c
Mayo	0,55
Junio	0,50
Julio	0,45
Agosto	0,45
Septiembre	0,55
Octubre	0,60
Noviembre	0,65
Diciembre	0,50

Fuente: Villalobos et al, 2009.

1.3. Cálculo del coeficiente reductor, K_r

El coeficiente reductor, K_r, representa el estado de desarrollo del cultivo (superficie cubierta por la copa), en la ET_C, cuantificando la superficie de suelo cubierto (S_c) por la copa de los árboles.

Para su cálculo se aplica la siguiente ecuación, estimada a partir del diámetro del árbol en su máximo desarrollo y densidad de árboles (Ec. 1):

$$K_r = 2 \cdot \frac{S_c}{100} \quad \text{Ec. 1}$$

Siendo S_c el porcentaje de suelo cubierto, calculado para el diámetro máximo del árbol (Barranco et col, 1997) (Ec. 2):

$$S_c = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot N}{400} \quad \text{Ec. 2}$$

Siendo:

- D, diámetro medio de la copa de los árboles.
- N, número de árboles por hectárea.

En este caso, y para estar del lado de la seguridad, dado que se trata de un cultivo de olivar en intensivo, se tomará un coeficiente reductor igual a la unidad.

1.4. Cálculo de la evapotranspiración del cultivo, ET_C

La evapotranspiración de cultivo se puede calcular, mediante la siguiente ecuación y empleando para ello los datos de evapotranspiración de referencia (ET_0), coeficiente de cultivo (K_C) y coeficiente reductor (K_r) expuestos en los apartados anteriores (Ec. 3):

$$ET_C = ET_0 \cdot K_C \cdot K_r \quad Ec. 3$$

En la Tabla 3, se muestran los resultados obtenidos para el cálculo de la evapotranspiración de cultivo (ET_C) en olivar:

Tabla 3. Cálculo de la evapotranspiración del cultivo (ET_C).

	ET_0 (mm/mes)	K_C	K_r	ET_C (mm/mes)
Enero	37,51	0,50	1	18,76
Febrero	51,26	0,50	1	25,63
Marzo	89,41	0,65	1	58,12
Abril	119,80	0,60	1	71,88
Mayo	162,17	0,55	1	89,19
Junio	194,49	0,50	1	97,25
Julio	215,19	0,45	1	96,84
Agosto	190,28	0,45	1	85,63
Septiembre	128,77	0,55	1	70,82
Octubre	83,30	0,60	1	49,98
Noviembre	43,23	0,65	1	28,10
Diciembre	32,53	0,50	1	16,27
Anual	1.347,94	-	-	708,45

Fuente: Elaboración propia.

1.5. Precipitación efectiva

La precipitación efectiva es aquella fracción de la precipitación total que es aprovechada por las plantas, es decir, aquella no perdida por escorrentía superficial o percolación profunda. Dicho de otro modo, se define como la precipitación total utilizada para satisfacer las necesidades de agua del cultivo; quedan por tanto excluidas la infiltración profunda, la escorrentía superficial y la evaporación de la superficie del suelo. Depende de múltiples factores como pueden ser la intensidad de la precipitación o la aridez del clima, y también de otros como la inclinación del terreno, contenido en humedad del suelo o velocidad de infiltración.

Se calcula mediante el método de *Bureau of Reclamation* de los Estados Unidos mediante las siguientes expresiones (Ec. 4 y 5):

$$P_{ef} = P \cdot \frac{(125 - 0,2 \cdot P)}{125} \quad \text{Si } P < 250 \frac{mm}{mes} \quad \text{Ec. 4}$$

$$P_{ef} = 125 + 0,1 \cdot P \quad \text{Si } P > 250 \frac{mm}{mes} \quad \text{Ec. 5}$$

Siendo:

- P_{ef} , precipitación efectiva (mm).
- P , precipitación media mensual (mm).

En la Tabla 4 se muestran los resultados de precipitación efectiva obtenidos:

Tabla 4. Precipitación efectiva según el método de Bureau of Reclamation.

Mes	P (mm)	P _{ef} (mm)
Enero	51,88	47,57
Febrero	71,92	63,64
Marzo	65,64	58,75
Abril	81,72	71,03
Mayo	41,10	38,40
Junio	10,56	10,38

Mes	P (mm)	P _{ef} (mm)
Julio	0,30	0,30
Agosto	12,90	12,63
Septiembre	24,10	23,17
Octubre	82,24	71,42
Noviembre	83,84	72,59
Diciembre	101,42	84,96
Anual	627,62	554,86

Fuente: Elaboración propia.

2. CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE AGUA EN EL SUELO

2.1. Límite superior (Capacidad de Campo) e inferior (Punto de Marchitez Permanente)

Lo primero que se ha de conocer son los límites superior LS (Capacidad de Campo o CC), que hace referencia al contenido de agua en el que se estabiliza un suelo sin restricciones de drenaje después de ser humedecido y el límite inferior LI (Punto de Marchitez Permanente o PMP) al contenido de agua en el suelo para el que se produce marchitez irreversible en las hojas inferiores de la planta, corresponde a la situación en la que las raíces ya no pueden extraer más agua en el suelo, mediante los cuales se sabe los niveles de agua útil por la planta.

Se pueden obtener de forma inmediata, conociendo la textura del suelo (Tabla 5):

Tabla 5. Valores medios de CC y PMP para diferentes texturas de suelo.

TEXTURA	PMP (cm ³ /cm ³)	CC (cm ³ /cm ³)
Arenoso	0,07	0,15
Franco-arenoso	0,09	0,21
Franco	0,14	0,31
Franco-arcilloso	0,17	0,36
Arcilloso-limoso	0,20	0,40
Arcilloso	0,21	0,44

Fuente: Food and Agriculture Organization (FAO), 2018.

En este caso, según los resultados expuestos en el “*Anejo I. Estudio Agronómico*”, se ha tomado como textura media del suelo ‘arcilloso-limoso’, por lo que los límites superior e inferior son:

- CC: 0,40 cm³/cm³.
- PMP: 0,20 cm³/cm³.

2.2. Intervalo de humedad disponible

Se define el concepto de Intervalo de Humedad Disponible (IHD) como la diferencia entre los límites superior e inferior (Ec. 6):

$$IHD = L_s - L_i = CC - PMP \quad Ec. 6$$

El IHD es una medida de la capacidad de retención de agua del suelo. Si no se dispone de datos para determinar los valores de L_s y L_i reales del suelo, se puede asignar, en este caso, un valor promedio de 0,20 cm³/cm³, que es aplicable a un amplio intervalo de suelos (siempre que no tengan texturas extremas).

$$IHD = CC - PMP = 0,40 - 0,20 = 0,20 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$$

La cantidad máxima de agua en el suelo (CAS) se puede estimar en función del intervalo de humedad disponible y de la profundidad de suelo explorada por las raíces del suelo (Z) (Ec. 7).

$$CAS = IHD \cdot Z \quad Ec. 7$$

En función de los horizontes del suelo y de sus propias características se puede estimar la profundidad de suelo explorada por las raíces de los olivos (Z) en 1 metro.

$$CAS = IHD \cdot Z = 0,20 \text{ cm}^3/\text{cm}^3 \cdot 1.000 \text{ mm} = 200 \text{ mm}$$

2.3. Nivel de agotamiento permisible

Aunque la planta puede obtener a través de sus raíces todo el agua que se encuentra en el suelo entre los niveles de Capacidad de Campo y Punto de Marchitez Permanente, se debe establecer un nivel de agua menor para no producir el agotamiento del perfil, ya que esto produciría un descenso drástico en la transpiración del cultivo y con ello, estrés hídrico. Este nivel de agua al que se hace referencia es el NAP (Nivel de Agotamiento Permisible) y se define como el contenido de agua en el suelo con el que probablemente no se vea afectada la producción del cultivo, aunque se asume una restricción de su crecimiento.

El nivel de agotamiento disponible varía según algunos autores y en función del cultivo, de la fase de desarrollo, del suelo y de la demanda evaporativa. Partiendo de datos de la ET diaria máxima y mínima y del tipo de cultivo podemos considerar valores máximos de NAP de 0,8 a 0,88 y mínimos de 0,43 a 0,5.

En condiciones de campo alguno autores considera el NAP es muy estable, con valores entre 0,6 y 0,8, recomendando normalmente el valor de $NAP = 0,65$.

En este proyecto se utiliza un valor de NAP de 0,75, para esta en el lado de la seguridad.

3. DÉFICIT HÍDRICO

A partir del Nivel de Agotamiento Permisible, se puede obtener el Déficit de Agua en el Suelo Permisible (DASP), es decir, por debajo del cual la producción se ve afectada por el déficit hídrico (Ec. 8).

$$DASP = NAP \cdot IHD \cdot Z = 0,75 \cdot (CC - PMP) \cdot Z \quad Ec. 8$$

Siendo:

- CC , Capacidad de Campo (40%)

- *PMP, Punto de Marchitez Permanente (20%)*
- *Profundidad del sistema radicular. En este caso, 1.000 mm.*
- *NAP, Nivel de agotamiento permisible.*

Sustituyendo, los valores del análisis físico del suelo, se tiene un déficit permisible de 150mm, luego nuestro cultivo no sufrirá estrés hídrico siempre y cuando no se supere este valor.

$$DASP = NAP \cdot IHD \cdot Z = 0,75 \cdot (0,40 - 0,20) \cdot 1.000 = 150 \text{ mm}$$

Por lo tanto, teniendo en cuenta la reserva de agua en el suelo, se planteará un calendario provisional de riegos, que cubra las necesidades hídricas del cultivo sin soportar ningún déficit hídrico, según la Tabla 6:

Tabla 6. Calendario de riegos.

	ET_C (mm/mes)	P_{ef} (mm/mes)	NA (mm/mes)	RN (mm/mes)	DAS (mm/mes)
Enero	18,76	47,57	-28,81	0,00	0,00
Febrero	25,63	63,64	-38,01	0,00	0,00
Marzo	58,12	58,75	-0,63	0,00	0,00
Abril	71,88	71,03	0,85	0,85	0,00
Mayo	89,19	38,40	50,79	50,79	0,00
Junio	97,25	10,38	86,87	86,87	0,00
Julio	96,84	0,30	96,54	96,54	0,00
Agosto	85,63	12,63	73,00	73,00	0,00
Septiembre	70,82	23,17	47,65	47,65	0,00
Octubre	49,98	71,42	-21,44	0,00	0,00
Noviembre	28,10	72,59	-44,49	0,00	0,00
Diciembre	16,27	84,96	-68,69	0,00	0,00
Total	708,45	554,84	355,70	355,70	-

Fuente: Elaboración propia.

Siendo:

- *NA, Déficit Hídrico ($ET_c - PE$).*
- *RN, Riego Neto (mm/mes).*
- *DAS, Déficit acumulado de agua en el suelo (mm/mes).*

El riego neto total obtenido es de 3.557 m³/ha y año. Sin embargo, hay que tener en cuenta que los sistemas de riego por goteo, a pesar de ser muy eficientes, también tienen pérdidas. Las necesidades de riego brutas se obtienen a partir de las necesidades de riego netas del cultivo teniendo en cuenta el rendimiento de aplicación. Este rendimiento para el riego localizado es de un 95%, por tanto, las necesidades brutas son las siguientes:

$$\text{Necesidades brutas (mes punta)} = \frac{96,54}{0,95} = 101,62 \text{ mm/mes}$$

$$\text{Necesidades brutas(anual)} = \frac{355,7}{0,95} = 374,42 \text{ mm/mes}$$

Esto equivale a un riego bruto de 3.744,2 m³/ha y año, cubriendo así las necesidades hídricas del cultivo sin soportar ningún déficit hídrico.

4. PROGRAMACIÓN DE RIEGO DEFICITARIO

Como acabamos de comprobar en apartados anteriores, las necesidades de riego en nuestra finca para mantener la plantación por encima del Nivel de Agotamiento Permisible son bastante elevadas (3.744,2 m³/ha).

Sin embargo, a la hora de diseñar el riego, hay que tener en cuenta que las concesiones que la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir otorga a las plantaciones de olivar superintensivo son, como máximo, de 2.500 m³/ha y año, por lo que se nos plantea la dificultad de ajustar la dosis de riego a esta cifra sin limitar excesivamente las necesidades de riego del cultivo.

Ahora bien, esto no tiene por qué ser un problema, puesto que el olivar presenta una buena respuesta incluso con bajas aportaciones de agua de riego, manifestándose en importantes incrementos de la producción. De este modo, con este tipo de riego se produce un ahorro importante en el agua de riego sin que afecte notablemente al nivel de producción.

Para realizar una correcta programación del riego, es necesario tener en cuenta que la sensibilidad del olivo al déficit hídrico varía a lo largo del año, existiendo periodos en los que esta sensibilidad es mucho mayor (en fechas críticas como el periodo primaveral Marzo-Junio, en el que un pequeño déficit hídrico reduciría el crecimiento de brotes portadores de la cosecha del próximo año y el número de frutos cuajados y crecimiento). Ante esto, hay que evitar que en estos meses aparezca déficit hídrico en la plantación.

En conclusión, en nuestro caso, diseñaremos un riego deficitario con una dotación de 2.500 m³/ha que aplicaremos según el siguiente calendario de riegos (Tabla 7).

Tabla 7. Calendario de riegos.

	ET_C (mm/mes)	P_{ef} (mm/mes)	NA (mm/mes)	RN (mm/mes)	DAS (mm/mes)
Enero	18,76	47,57	-28,81	0,00	0,00
Febrero	25,63	63,64	-38,01	0,00	0,00
Marzo	58,12	58,75	-0,63	0,00	0,00
Abril	71,88	71,03	0,85	0,00	0,85
Mayo	89,19	38,4	50,79	37,00	14,64
Junio	97,25	10,38	86,87	65,00	36,51
Julio	96,84	0,3	96,54	75,00	58,05
Agosto	85,63	12,63	73,00	40,50	90,55
Septiembre	70,82	23,17	47,65	20,00	118,20
Octubre	49,98	71,42	-21,44	0,00	96,76
Noviembre	28,1	72,59	-44,49	0,00	52,27
Diciembre	16,27	84,96	-68,69	0,00	-16,42
Total	708,45	554,86	355,70	237,50	-

Fuente: Elaboración propia.

Siendo:

- *NA, Déficit Hídrico ($ET_c - PE$).*
- *RN, Riego Neto (mm/mes).*
- *DAS, Déficit acumulado de agua en el suelo (mm/mes).*

Teniendo en cuenta el rendimiento de aplicación, se obtiene un riego bruto de 2.500 m³/ha, realizando así un ahorro de agua de riego a la vez que se cubren parcialmente las necesidades hídricas del olivar, sin llegar, en ningún momento, a condiciones de estrés hídrico.

$$Necesidades\ de\ riego\ brutas(anual) = \frac{237,50}{0,95} = 250\ mm/año$$

De este modo, en el calendario de riego que se plantea, el periodo de riego abarca 5 meses (desde Mayo hasta Septiembre), con una dosis de riego de 2.500 m³/ha y año. Según se muestra en la Tabla 7, éste va aumentando hasta alcanzar el valor punta en Julio (75 mm) y a partir del cual, comienza a disminuir de nuevo hasta Septiembre, alcanzando una dosis de 20mm.

El riego bruto para el mes de Julio, que es cuando se da la mayor dosis, es:

$$Necesidades\ de\ riego\ brutas(Julio) = \frac{75}{0,95} = 79\ mm$$

Finalmente, esta dosis supone una cantidad diaria de riego a aplicar durante este mes de 2,55 mm/día.

5. BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES CONSULTADAS

- BARRANCO, D., R. FERNÁNDEZ-ESCOBAR, L. RALLO (1997). El cultivo del olivo. 1ª Edición. Editorial Mundi Prensa, Córdoba.
- PASTOR M. (2005). Cultivo del Olivo con riego localizado. Edición: Mundi-Prensa, Madrid.
- VILLALOBOS, F.J., L. MATEOS, F. ORGAZ y E. FERERES (2009). Fitotecnia. Bases y Tecnologías de la Producción Agrícola. 2ª Edición. Editorial Mundi Prensa, Madrid.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO), (Septiembre, 2018).
- DATOS HISTÓRICOS. Estación meteorológica de Lora del Río. Red de Estaciones Agroclimáticas de Andalucía. Consejería de agricultura y pesca. Junta de Andalucía.
https://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/ria/servlet/FrontController?action=Static&url=fechas.jsp&c_provincia=41&c_estacion=15 (Septiembre, 2018).

ANEJO III
ESTUDIO GEOTÉCNICO

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	4
2. INFORMACIÓN PREVIA	4
2.1. Geología de la zona.....	4
2.2. Hidrología	6
3. SISMICIDAD DE LA ZONA DE ESTUDIO	7
3.1. Importancia de las construcciones	7
3.2. Aceleración sísmica básica, a_b	8
3.3. Coeficiente de riesgo, ρ	9
3.4. Aceleración sísmica de cálculo, a_c	9
4. CARACTERÍSTICAS DEL SOLAR Y LA OBRA PROYECTADA	11
5. TRABAJOS REALIZADOS.....	11
6. ESTUDIO GEOTÉCNICO	12
6.1. Calicata de reconocimiento geotécnico	12
6.2. Ensayos de laboratorio.....	14
6.2.1. <i>Ensayos de identificación de terrenos</i>	15
7. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	17
7.1. Ensayos de identificación de terrenos.....	17
7.1.1. Análisis Granulométrico por tamizado.....	17
7.1.2. Límites de Atterberg.....	18
7.1.3. Ensayo de apisonado Proctor Normal y C.B.R	19
7.1.4. Ensayos de expansividad e hinchamiento libre	19
7.1.5. Ensayo de corte directo.....	20
8. ESTUDIO GEOFÍSICO.....	20
8.1. Trabajos de campo	20
8.2. Datos y resultados obtenidos	21

9.	COMENTARIO GEOTÉCNICO.....	22
9.1.	Niveles geotécnicos	22
9.2.	Nivel freático	24
10.	RECOMENDACIONES	24
11.	BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES CONSULTADAS	26

1. INTRODUCCIÓN

Se tiene prevista la construcción de una balsa de almacenamiento de agua en el término municipal de Palma del Río, en la finca “Las Mercedes”, provincia de Córdoba.

A fin de determinar las características del subsuelo, con el objetivo final de obtener recomendaciones geotécnicas para la ejecución de la balsa, se ha realizado un estudio geotécnico con ayuda de una empresa externa.

Para el correspondiente estudio geológico-geotécnico se ha realizado una calicata en la zona donde se proyectará la balsa, con una profundidad de 3,00 metros, con las correspondientes tomas de muestras, una cartografía geológica de detalle en la zona, ensayos de laboratorio con las muestras recogidas en la calicata y una tomografía eléctrica multielectrodo para conocer la disposición de los estratos geológicos en profundidad.

Para la realización de este estudio, se ha contado con la presencia de un geólogo de campo con dilatada experiencia en cartografía de suelos, que ha ayudado a su caracterización desde el punto de vista geomecánico.

2. INFORMACIÓN PREVIA

2.1. Geología de la zona

La zona objeto de estudio se encuentra localizada en las hojas 942 de “Palma del Río” y 964 de “La Campana” del mapa geológico de España a escala 1/50.000. Se encuentra dentro de la llanura neógena de la cuenca del Guadalquivir, unidad estructural andaluza que se extiende como una larga banda comprendida entre la zona subbética, que limita por el sur; la Prebética, por el este y el macizo herciniano de la Meseta, al cual remonta por el norte.

Esta llanura está constituida fundamentalmente por sedimentos neógenos marinos, cabalgados por el subbético a lo largo de su límite meridional y en su mayor parte recubierto por aluviones recientes.

Por el norte, el Neógeno es transgresivo sobre el Paleozoico, y la línea de contacto corresponde, a grandes rasgos, con la antigua orilla del mar, desde Huelva hasta el norte de Córdoba.

Un carácter casi constante de las formaciones terciarias y secundarias de la parte meridional de la llanura es su tremenda fracturación. Es muy difícil encontrar una serie estratigráfica completa ya que los conjuntos se hallan en contacto anormal, con la presencia constante de grandes masas arcillo-yesíferas y salinas del Trías.

En la zona de estudio afloran tres materiales concretos que, de muro a techo son los siguientes:

- **Margas azules del Mioceno Superior.** Se encuentran suprayacentes y en concordancia con la formación detrítica-calcárea de la base del Mioceno. Constituidas por margas azules cuando tienen el corte fresco y de color beige cuando se encuentran alteradas. El aspecto en general es masivo, pero a veces presentan laminación paralela y zonas más calcáreas con estructuras en bolos y fractura concoidea.
- **Andaluciense regresivo.** Concordante sobre las margas azules descansa una formación compuesta de arenas, areniscas, limos, margas estratificadas que marcan el comienzo de la regresión miocena.

Como es característico a lo largo de casi todas las formaciones de la cuenca, el contacto no es neto, sino que viene dado por el progresivo paso de la marga-marga-arena y la aparición de niveles areniscosos y arenosos. La variabilidad lateral es importante, como corresponde a la naturaleza detrítica que predomina.

La potencia del tramo no es posible determinarla, debido a la escasez de afloramientos, a lo que hay que añadir el desmantelamiento que sufrió la cuenca

tras su emersión. Por comparación con otras zonas, podría oscilar alrededor de 30 metros.

- **Pliocuaternalio.** La raña que, con carácter regional, cubre grandes extensiones en la parte central de la Cuenca del Guadalquivir, tiene representación en estas hojas, ocupando aproximadamente el 70% de su superficie.

Corresponde a una etapa antigua del Cuaternario y posiblemente del Plioceno, del que no se observa referencia en la zona.

Se encuentra formado por conglomerados, gravas, arenas, areniscas, limos, arcillas y costras calcáreas. La potencia es variable aunque se puede estimar en 8 metros.

2.2. Hidrología

En la Depresión del Guadalquivir se pueden distinguir tres niveles acuíferos. Aluvial, constituido por arenas, gravas, limos y arcillas de los depósitos recientes de ríos y arroyos. Por su importancia, destacan los de los ríos Guadalquivir y Genil. En los restantes, la proporción limo-arcillosa es predominante (superficie permeable 250 km²). Pliocuaternalio, que morfológicamente conforma los “altiplanos”, está constituido por gravas, arenas y limos fundamentalmente (superficie aproximada 1.070 km²). El acuífero Parautóctono es más hipotético y correspondería a unas capas de arenas finas con algo de arcilla y disposición discontinua entre las margas azules y el olitostroma triásico, detectado por métodos geofísicos y ratificados por sondeos a una profundidad media de 170 m.

El funcionamiento hidrogeológico es sencillo. En los acuíferos principales, de carácter libre, la recarga se produce por infiltración del agua de lluvia y de los regadíos y el drenaje se produce mayoritariamente de forma difusa a todo lo largo de los contactos con las margas azules, pues no se han localizado manantiales importantes.

El grande de sentido S-N es del orden de 1 por mil en Guadalcazar y del 0,5 por mil en los acuíferos más extensos, lo que denotaría una buena permeabilidad. Sin

embargo, como el espesor saturado es pequeño (de 1 a 7 metros), la transmisividad no es alta: valor medio de $10 \text{ m}^2/\text{día}$ decreciente en la dirección del flujo, como consecuencia de la reducción en el espesor.

La precipitación media es de 620 mm sobre la superficie permeable de 1.320 km^2 , por lo que se puede considerar una infiltración de $70 \text{ Hm}^3/\text{año}$ con un coeficiente de infiltración del 12%. Las salidas no controladas se refieren a los puntos de drenaje natural de los acuíferos, que son numerosas y muy dispersas y se han estimado en más $15 \text{ Hm}^3/\text{año}$.

Las aguas son aptas para el abastecimiento y riego y las facies predominantes son:

- Aluvial: cloruradas sulfatadas calco-sódicas.
- Pliocuaternalio: sulfatadas cloruradas cálcico-magnésicas.
- Para-autóctono: cloruradas sódico-cálcicas.

3. SISMICIDAD DE LA ZONA DE ESTUDIO

Para la consideración de la acción sísmica en las futuras construcciones de esta zona, es de aplicación la Norma de Construcción Sismorresistente (Parte General y Edificación) NCSE-02, publicada en el Boletín Oficial de Estado (B.O.E.) el 11 de Octubre de 2002.

El cálculo de las acciones sísmicas, según la citada norma, se realizará a partir de los parámetros constructivos que se exponen a continuación.

3.1. Importancia de las construcciones

Las construcciones se clasifican de acuerdo con el uso al que se destinan. Para este caso, se considera que esta construcción es de:

- Importancia normal:

“Aquellas cuya destrucción por el terremoto pueda ocasionar víctimas, interrumpir un servicio para la colectividad, o producir importantes pérdidas económicas, sin que en ningún caso se trate de un servicio imprescindible ni pueda dar lugar a efectos catastróficos”.(NCSE-02).

3.2. Aceleración sísmica básica, a_b

La aceleración sísmica básica (a_b) es un parámetro que depende de la localización geográfica de la finca, dentro del territorio nacional. Ésta se expresa en función de la aceleración de la gravedad ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$).

Atendiendo al “Anejo 1. Valores de la aceleración sísmica básica, a_b , y del coeficiente de contribución, k , de los términos municipales con $a_b \geq 0,04 \text{ g}$, organizado por comunidades autónomas” de la NCSE-02 y a la Figura 1, extraída de dicha norma, puede obtenerse el valor de la aceleración sísmica básica para el término municipal de Palma del Río. En este caso:

$$a_b = 0,06g$$



Figura 1. Mapa de peligrosidad sísmica.

Fuente: Norma de Construcción Sismorresistente (NCSE-02).

3.3. Coeficiente de riesgo, ρ

Coeficiente que depende de las características de la construcción y del periodo de vida para el que se proyecta. Para el caso de construcciones de normal importancia:

$$\rho = 1$$

3.4. Aceleración sísmica de cálculo, a_c

La aceleración sísmica de cálculo, a_c , se define como el producto (Ec. 1):

$$a_c = S \cdot \rho \cdot a_b \quad \text{Ec. 1}$$

Siendo:

- a_b , Aceleración sísmica básica, definida en el apartado 3.2. ($a_b = 0,06 g$).
- ρ , Coeficiente adimensional de riesgo, función de la probabilidad aceptable de que se exceda a_c en el periodo de vida para el que se proyecta la construcción. Definido en el apartado 3.3. ($\rho = 1$).
- S , Coeficiente de amplificación del terreno. Toma el valor (Ec. 2, 3 y 4):

$$S = \frac{C}{1,25} \quad \text{para } \rho \cdot a_b \leq 0,1g \quad \text{Ec. 2}$$

$$S = \frac{C}{1,25} + 3,33 \cdot \left(\rho \cdot \frac{a_b}{g} - 0,1 \right) \cdot \left(1 - \frac{C}{1,25} \right) \quad \text{para } 0,1g < \rho \cdot a_b < 0,4g \quad \text{Ec. 3}$$

$$S = 1,0 \quad \text{para } 0,4g < \rho \cdot a_b \quad \text{Ec. 4}$$

Siendo:

- C , Coeficiente de terreno. Depende de las características geotécnicas del terreno de cimentación. En este caso:

Tipo de terreno III. Suelo granular de compacidad media, o suelo cohesivo de consistencia firme a muy firme. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, $400 \text{ m/s} \geq V_s \geq 200 \text{ m/s}$.

$$C = 1,6$$

Sustituyendo todos los valores anteriores, se obtiene una aceleración sísmica de cálculo, a_c :

$$a_c = 1,28 \cdot 1 \cdot 0,06 = \mathbf{0,0768 g}$$

Finalmente, se considera una zona de **riesgo sísmico bajo**.

4. CARACTERÍSTICAS DEL SOLAR Y LA OBRA PROYECTADA

La zona objeto de estudio se localizada en el Término Municipal de Palma del Río, provincia de Córdoba, concretamente en la finca “Las Mercedes”.

La balsa proyectada se realizará sobre una orografía suave. Las coordenadas (ETRS89) aproximadas del centro de la balsa se muestran a continuación:

- X = 291.134,58
- Y = 4.170.696,63
- Huso 30

5. TRABAJOS REALIZADOS

El reconocimiento se ha efectuado mediante la realización de una calicata donde se proyectará la balsa, con una profundidad máxima de 3 metros, con la correspondiente toma de muestras, tomografía eléctrica de 100 metros de apertura de ala, con 5 metros de separación de electrodos, una cartografía geológica de detalle de la zona y ensayos de laboratorio con las muestras recogidas. Las coordenadas de la calicata (ETRS89) se muestran a continuación, así como su ubicación (Figura 2).

- X = 291.079,85
- Y = 4.170.671,20
- Huso 30

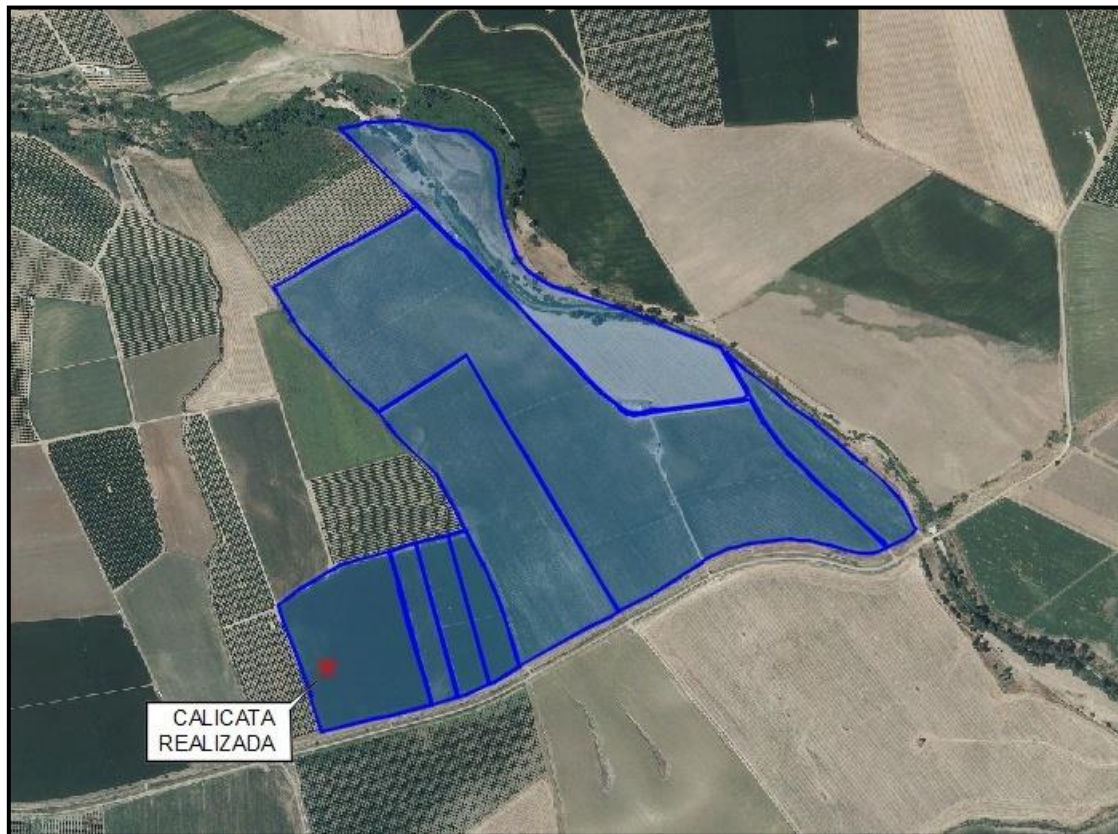


Figura 2. Ubicación de la calicata realizada.

Fuente: Elaboración propia.

6. ESTUDIO GEOTÉCNICO

6.1. Calicata de reconocimiento geotécnico

Se trata de excavaciones en zanja que permiten la observación del terreno hasta una profundidad moderada (3, 4 o 5 metros). Se realizan manualmente, o de forma mucho más habitual, con la ayuda de un brazo mecánico retroexcavador.

La apertura de las calicatas de reconocimiento permite conocer la estratigrafía y litología de las capas más superficiales del suelo, observando de forma directa determinados parámetros geotécnicos de interés.

Además de las observaciones de tipo estratigráfico y litológico, se pueden obtener datos sobre el grado de excavabilidad del terreno reconocido, comparando a partir de los

medios mecánicos utilizados en la apertura de la calicata, según la siguiente tabla (Tabla 1):

Tabla 1. Grado de excavabilidad.

Grado de excavabilidad	Medios mecánicos
Fácilmente excavable	Avance con retroexcavadora mixta
Difícilmente excavable	Avance con retroexcavadora potente
No excavable	Avance con martillo picador o explosivos

Fuente: Estudio geotécnico realizado por empresa externa.

En la zona de estudio el grado de excavabilidad es fácilmente excavable, por lo que el avance se ha realizado con retroexcavadora mixta, lo que pone de manifiesto que la arcilla se encuentra poco compacta.

De igual forma, se puede obtener un grado de estabilidad de las paredes de la calicata, según el comportamiento que ofrece al ser excavada con los medios utilizados, comparando con los parámetros de la Tabla 2:

Tabla 2. Grado de estabilidad de las paredes según el comportamiento en su apertura.

Grado de estabilidad	Comportamiento	Tipo de terreno
1	Paredes estables	Suelos arcillosos cohesivos Macizo rocoso masivo
2	Caída de gravas y bolos	Suelos granulares Macizo rocoso diaclasado
3	Caída de bloques	Macizo rocoso diaclasado y meteorizado
4	Inestabilidad por descalce	Alternancia de niveles duros y blandos
5	Inestabilidad por rotura circular	Suelos arcillosos y limosos de cohesión baja
6	Desplome	Rellenos antrópicos Suelos granulares con nivel freático

Fuente: Estudio geotécnico realizado por empresa externa.

En la calicata realizada, el grado de estabilidad es de paredes estables (Grado 1), propio de suelos algo cohesivos.

Realizada la apertura de la calicata y observando la columna estratigráfica de la misma, se puede proceder a la toma de muestras de los niveles que se deduzcan más interesantes para la finalidad del estudio. Las muestras se definen como todo fragmento que conserve todas o algunas de las propiedades del suelo en que se extraen y que cuya finalidad suele ser la identificación y clasificación, determinación de los parámetros resistentes, etc.

Los tipos de muestras habituales que se pueden obtener, tanto de catas como de sondeos, se pueden clasificar en función de su utilidad, según el criterio que se muestra a continuación en la Tabla 3:

Tabla 3. Tipos de muestra en función de su procedencia y su utilidad.

	Tipo de muestra	Utilidad
Inalteradas	Muestras inalteradas de sondeo	Todos los ensayos
	Muestras inalteradas de calicata	
Alteradas	Muestras en saco	Ensayos de identificación y compactación
	Muestra de humedad	Ensayos de identificación y humedad natural
	Muestra alterada de sondeo	Ensayos de identificación

Fuente: Estudio geotécnico realizado por empresa externa.

6.2. Ensayos de laboratorio

Finalizados los trabajos de campo, las muestras obtenidas se enviaron a un laboratorio de control de calidad para la realización de los diferentes ensayos que se enumeran a continuación:

- Ensayos de identificación de terrenos
 - Granulometría por tamizado.
 - Límites de Atterberg.

- Ensayos de resistencia y deformabilidad.
 - Ensayo de compactación Proctor Normal.
 - Ensayo C.B.R.

- Ensayos de expansividad.
 - Hinchamiento libre en endómetro.

- Ensayos de corte directo.

6.2.1. Ensayos de identificación de terrenos

6.2.1.1. Análisis Granulométrico por tamizado

El ensayo para determinar la granulometría de un suelo está basado en la norma UNE 103101: 1995 “Análisis granulométrico por tamizado”. Este ensayo consiste en pasar una muestra previamente preparada, por una serie de tamices normalizados según UNE 7050-2 con el fin de separar las distintas fracciones granulométricas más representativas de la misma. Una serie comúnmente utilizada es formada por los tamices de abertura de malla siguientes (en mm): 100, 80, 63, 50, 40, 25, 20, 12.5, 10, 6.3, 5, 2, 1.25, 0.40, 0.16, 0.08.

Una vez realizada la distribución de partículas por tamaños y por comparación con el peso original de la muestra, se pueden determinar los distintos porcentajes que pasan por los diferentes tamices de ensayo, que al acumularlos y representarlos gráficamente, obtenemos una curva granulométrica característica de las muestras ensayadas.

6.2.1.2. Límites de Atterberg

La determinación de los límites de Atterberg se realiza siguiendo los procedimientos establecidos en la norma UNE 103013: 1994 “Determinación del límite

líquido de un suelo por el método del aparato de Casagrande” y UNE 103104:1993 “Determinación del límite plástico de un suelo”.

Un suelo que posea cierta cohesión y en función de su naturaleza y humedad natural, puede presentar distintas propiedades que se pueden atribuir a un comportamiento semejante al estado sólido, semisólido, plástico y semilíquido. Se define el límite líquido de un suelo como el contenido de humedad en el punto de transición del estado plástico al semilíquido. El límite plástico se define como el contenido de humedad en el punto de transición entre el estado semisólido al plástico.

De la diferencia de los dos parámetros anteriormente definidos se obtiene el índice de plasticidad que cuanto mayor es su valor, menor será la permeabilidad del material y viceversa.

6.2.1.3. Ensayo de apisonado Proctor Normal y C.B.R

El ensayo Proctor Normal proporciona información básica para la realización de terraplenes, dado que la compactación de un suelo hace que aumente su densidad y produce dos importantes efectos:

- Incremento de la resistencia al corte.
- Disminución de la compresibilidad, con la consiguiente disminución de la porosidad de los suelos.

En cuanto al ensayo de índice C.B.R., éste es uno de los ensayos más empleados para caracterizar el cimiento del firme. Se define como la relación, expresada en %, entre la carga así determinada y la que se obtiene por el mismo procedimiento para una muestra tipo de piedra machacada.

6.2.1.4. Ensayos de expansividad e hinchamiento libre

Todos los suelos arcillosos experimentan variaciones de volumen según el grado de humedad. Sin embargo, para que existan realmente problemas de expansividad, es necesario que se den tres circunstancias:

- Agentes que provocan cambios de humedad.
- Grado de desecación.
- Cambio del potencial de volumen.

6.2.1.5. Ensayo de corte directo

Este método tiene por objetivo establecer el procedimiento de ensayo para determinar la resistencia al corte de una muestra de suelo consolidada y drenada, por el método de corte directo. Consiste en:

- Colocación de la muestra en el dispositivo de corte.
- Aplicación de una carga normal.
- Disposición de los medios de drenaje y humedecimiento de la muestra.
- Consolidación de la muestra.
- Liberación de los marcos que sostienen la muestra.
- Aplicación de la fuerza de corte para hacer fallar la muestra.

7. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

7.1. Ensayos de identificación de terrenos

7.1.1. *Análisis Granulométrico por tamizado*

A continuación, en la Tabla 4 se muestran los resultados obtenidos del análisis granulométrico por tamizado:

Tabla 4. Análisis granulométrico de la calicata.

	Calicata
Muestra	1
Profundidad (m)	2,10 – 3,00
% Grava	32,70
% Arena	27,30
% Finos	40,00
Análisis granulométrico	Arcillo - limoso

Fuente: Estudio geotécnico realizado por empresa externa.

7.1.2. Límites de Atterberg

A continuación, en la Tabla 5, se muestran los límites de Atterberg obtenidos en la muestra analizada:

Tabla 5. Índice de plasticidad.

Muestra	Límite líquido	Límite plástico	Índice plasticidad
Calicata N°1 (muestra a 2,1 – 3,0 m)	34,60	16,30	18,30

Fuente: Estudio geotécnico realizado por empresa externa.

Recopilando todos estos datos, así como los correspondientes a la curva granulométrica (Figura 3), podemos extrapolarlos al gráfico de Casagrande, para interpretar qué tipo de suelo aparece en la obra (Tabla 6):

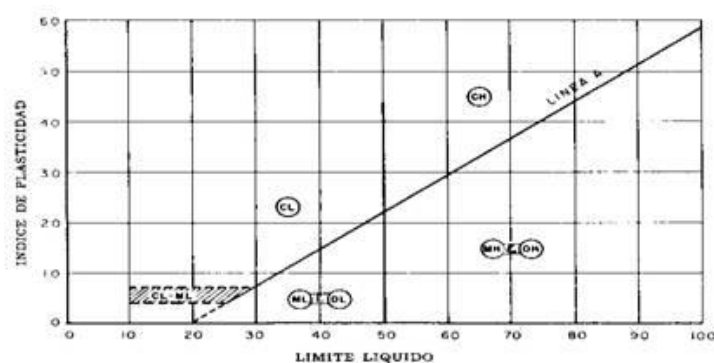


Figura 3. Gráfico de plasticidad ‘Casagrande’.

Fuente: Consolidación Unidimensional de suelos, 2007.

Tabla 6. Tipo de suelo en la obra.

Muestra	Tipo de suelo
Calicata N°1 (muestra a 2,1 – 3,0 m)	CL

Fuente: Estudio geotécnico realizado por empresa externa.

7.1.3. Ensayo de apisonado Proctor Normal y C.B.R

Se ha realizado un ensayo C.B.R. para la muestra tomada en la calicata, a 2,10 – 3,00 metros de profundidad, según la norma UNE 103502, obteniéndose:

$$100\% = 14,40$$

$$95\% = 8,80$$

Estos resultados indican que el material presente en el suelo es adecuado y reúne las características necesarias para su empleo en el núcleo, coronación y cimiento de terraplenes.

En cuanto a los parámetros obtenidos con el ensayo Proctor, éstos se muestran a continuación en la Tabla 7:

Tabla 7. Ensayo Proctor Normal.

Muestra	Resultado
Profundidad (m)	2,10 – 3,00
Densidad máxima (g / m³)	1,69
Humedad óptima (%)	22,90

Fuente: Estudio geotécnico realizado por empresa externa.

7.1.4. Ensayos de expansividad e hinchamiento libre

Los resultados obtenidos del ensayo de expansividad se muestran en la Tabla 8:

Tabla 8. Ensayo de expansividad.

Parámetro	Resultado
Agentes de cambio de humedad	Adecuado
Grado de desecación	1
Cambio potencial de volumen	Bajo potencial expansivo

Fuente: Estudio geotécnico realizado por empresa externa.

Así mismo, se ha ensayado una muestra alterada del suelo, obteniéndose un hinchamiento libre de 0,044%, lo que clasifica el material como suelo no expansivo de tipo adecuado.

7.1.5. Ensayo de corte directo

Los resultados obtenidos del ensayo de corte directo se muestran a continuación en la Tabla 9:

Tabla 9. Parámetros geotécnicos recomendados.

Parámetro	Valor
Densidad aparente (g/cm³)	1,71
Densidad saturada (g/cm³)	1,94
Resistencia a la compresión simple (kg/cm²)	1,00 - 1,50
Resistencia al corte sin drenaje (kg/cm²)	0,50 - 0,75
Cohesión efectiva (kpa)	5,325
Ángulo de rozamiento interno	29,79
Módulo de deformación (kg/cm²)	100 - 150

Fuente: Estudio geotécnico realizado por empresa externa.

8. ESTUDIO GEOFÍSICO

8.1. Trabajos de campo

Se ha realizado una tomografía eléctrica de 100 metros de apertura de ala, con 5 metros de separación de electrodos a lo largo de la zona objeto de estudio. Para ello, se

ha contado con la ayuda de una empresa externa, que emplea el dispositivo de medida Wenner, consiguiéndose una penetración de unos 16,70 metros.

8.2. Datos y resultados obtenidos

La técnica de la tomografía eléctrica emplea los valores de resistividad aparente medidos con los dispositivos geoelectricos sobre la superficie del terreno, para generar imágenes del subsuelo donde se representan los valores de la resistividad de las diferentes zonas del subsuelo.

La relación entre la resistividad aparente y la resistividad verdadera es una relación compleja. Para determinar la resistividad verdadera del subsuelo a partir de los valores de resistividad aparente, se aplica la técnica de la “*inversión*” (Loke, 2004).

A continuación, en la Figura 4, se muestra la pseudosección de los datos de resistividad aparente medida, de los datos calculados así como la sección de resistividades verdades del subsuelo.

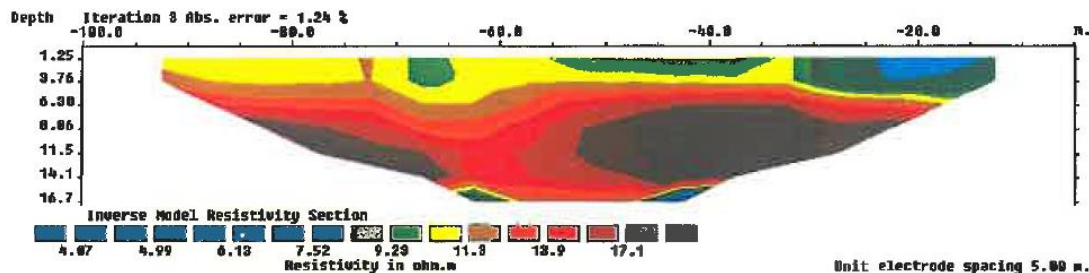


Figura 4. Pseudosección de los datos de resistividad aparente medida, de los datos calculados así como la sección de resistividades verdades del subsuelo.

Fuente: Estudio geofísico realizado por empresa externa.

En los primeros 2,00 metros, se observa un nivel menos resistivo, formado por arcillas y gravas, con un valor de unos 10 Ohm. Por debajo aparece un bloque de gravas y arenas con valores de 20 Ohm.

9. COMENTARIO GEOTÉCNICO

9.1. Niveles geotécnicos

Tras el análisis de los resultados obtenidos en la calicata realizada, la cartografía de superficie, los ensayos de laboratorio, la prospección geofísica y teniendo en cuenta la geología de la zona, podemos distinguir los siguientes niveles geotécnicos:

- NIVEL O: Suelo de labranza.
- NIVEL I: Arcilla con algo de arena y nódulos carbonatados.
- NIVEL II: Gravas, arenas y finos.

NIVEL O: Suelo de labranza

Este nivel se ha detectado en la calicata con una potencia de 0,50 metros aproximadamente. Se trata de un suelo arcilloso con algo de arenas y bolos cuarcíticos de tonalidades rojizas.

Debido a su elevado contenido en materia orgánica, compresibilidad y deformabilidad, este nivel no se considera apto para utilizarlo en la ejecución de los terraplenes de la balsa.

NIVEL I: Arcillas con algo de arena y nódulos carbonatados

Este nivel se ha detectado por debajo del nivel anterior, con un espesor aproximado de 0,40 – 0,70 m.

Se trata de arcillas muy plásticas, con algo de arena y nódulos carbonatados de tonalidades anaranjadas.

NIVEL II: Gravas, arenas y finos

Este nivel se ha detectado a muro del paquete anterior. Se trata de gravas cuarcíticas de tamaño centimétrico con arenas y finos de tonalidades rojizas.

Teniendo en cuenta todos los resultados expuestos anteriormente en el Apartado 7 (“Análisis de los Resultados”) y utilizando la clasificación de Casagrande, se clasifica este nivel como Arcilla de baja plasticidad (CL).

En el ensayo de apisonado Próctor, se ha obtenido una densidad máxima de 1,69 g/cm³ y una humedad óptima del 22,90%. Por lo que se recomienda tomar estos valores como referencia a la hora de realizar los terraplenes.

El índice C.B.R. obtenido es de 14,40 al 100% y de 8,80 al 95%, lo que indica, según la clasificación NORMA 6.1. IC “Secciones de firme Artículo 330-PG-3”, se trata de un suelo adecuado.

Para caracterizar este nivel se recomiendan los siguientes parámetros geotécnicos (Tabla 10):

Tabla 10. Parámetros geotécnicos recomendados.

Parámetro	Valor
Densidad aparente (g/cm³)	1,71
Densidad saturada (g/cm³)	1,94
Resistencia a la compresión simple (kg/cm²)	1,00 - 1,50
Resistencia al corte sin drenaje (kg/cm²)	0,50 - 0,75
Cohesión efectiva (kpa)	5,325
Ángulo de rozamiento interno	29,79
Módulo de deformación (kg/cm²)	100 - 150

Fuente: Estudio geotécnico realizado por empresa externa.

9.2. Nivel freático

El nivel freático no se ha detectado durante la ejecución de la prospección geotécnica, que ha llegado hasta 3,10 metros de profundidad.

10. RECOMENDACIONES

Es importante recordar que en la mayoría de los casos, las inestabilidades de los taludes, tanto en desmontes como en terraplenes, se producen no por fallo del mismo en lo que respecta a su estabilidad intrínseca, sino más bien por un deterioro por erosión y meteorización. De este modo, es recomendable adoptar medidas de protección como cunetas de guarda y bajantes adecuados que eviten la erosión por escorrentía de agua. Así mismo, sería conveniente favorecer, en la medida de lo posible, la revegetación de los taludes artificiales realizados.

De acuerdo con todos los datos anteriormente expuestos, se deduce que el material que aparece en la obra es de tipo **ARCILLAS CON ALGO DE ARENAS Y NÓDULOS CARBONATADOS Y GRAVAS DE ARENAS**, siendo un **suelo adecuado y apropiado para la realización de la obra**.

Así mismo, se recomienda que los taludes de los terraplenes sean como mínimo 1,00H:1,00V, para una altura máxima de 2,50 – 3,00 metros. Es aconsejable también realizar los terraplenes compactándolos a la humedad óptima y la densidad máxima, extendiendo tongadas con ayuda de una niveladora, que no superen los 20,00 cm, con el posterior riego y compactación con un rodillo dinámico. Así mismo, se aconseja comprobar el nivel de compactación cada 2 o 3 tongadas, con el fin de asegurar que se esté realizando correctamente.

Para espaldones se recomienda emplear materiales definidos en proyecto y que no presenten permeabilidad, clasificados según la “Instrucción para el Diseño de Firmes de la Red de Carreteras de Andalucía” como “Suelo Adecuado”.

Se recomienda que para los trabajos de desmonte y escorificado de la zona objeto de estudio, se utilice una retroexcavadora mixta, puesto que se trata de materiales fácilmente excavables.

Finalmente, cabe recordar que la información suministrada por la campaña de reconocimientos es solo totalmente fidedigna en los puntos explorados y en la fecha de su ejecución, de modo que su extrapolación al resto del terreno objeto de estudio no es más que una interpretación razonable según el estado actual de la técnica. En consecuencia, conviene que al inicio de la construcción, la Dirección de Obra confirme que el subsuelo (terreno y agua) hallado está en consonancia con las conclusiones anteriores.

11. BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES CONSULTADAS

- AYUSO MUÑOZ, J. (1983). Trazado y Cálculo de caminos rurales. Servicio de publicaciones de la Univ. De Córdoba.
- AYUSO MUÑOZ, J. y col. (1989). Curso básico de cimentaciones. Servicio de publicaciones de la Univ. De Córdoba.
- MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA (1:50000) (hojas 942 y 964). Instituto geológico y minero de España (IGME).
- REAL DECRETO 997/2002, de 27 de septiembre, por el que se aprueba la Norma de Construcción Sismorresistente: parte general y edificación (NCSR-02).
- Visor Rediam, Mapa de Suelos, Junta de Andalucía.
http://laboratoriolediam.cica.es/VisorRediam/?lyr.add.wms=http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/mapwms/REDIAM_Suelos_Andalucia?
(Septiembre, 2018).
- Visor Rediam, Mapa Litológico, Junta de Andalucía.
http://laboratoriolediam.cica.es/VisorGenerico/?tipo=WMS&url=http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/mapwms/REDIAM_Litologico_Andalucia?
(Septiembre, 2018).

ANEJO IV

CARACTERIZACIÓN DE LA PLANTACIÓN

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	3
2. ANTECEDENTES.....	3
2.1. Estudio de mercado.....	4
2.1.1. Sector del olivar (aceituna de mesa y aceite de oliva) en España	4
2.1.2. Marco comunitario	6
2.1.3. Marco mundial	8
2.1.4. Comercio exterior e interior.....	9
2.2. Características del suelo y climatología.....	10
2.3. Disponibilidad de agua	10
3. CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTACIÓN DE OLIVAR.....	11
3.1. Variedad de olivo cultivada	11
3.2. Marco de plantación.....	11
3.3. Producción	12
4. BIBLIOGRAFÍA.....	13

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, la finca “Las Mercedes” posee una superficie de 50,70 hectáreas de olivar en superintensivo. Esta plantación se llevó a cabo durante la primavera de 2017, por lo que el cultivo ya está implantado.

De este modo, el presente anejo tiene como objetivo la caracterización y descripción de la plantación de olivar existente en la finca.

2. ANTECEDENTES

Originariamente, la finca “Las Mercedes” estaba compuesta por 20,40 ha de olivar tradicional en secano y 30,3 hectáreas de cereales con riego por aspersión (Figura 1).

A partir de 2017, se decide realizar una plantación de olivar superintensivo (Figura 2) con el fin último de transformar la finca, pasando de secano a regadío.



Figura 1. Finca “Las Mercedes” en 2015.

Fuente: Ortofoto histórica (IGN).



**Figura 2. Finca “Las Mercedes” en 2018
(actualidad).**

Fuente: Ortofoto PNOA Máxima Actualidad (IGN).

La decisión de implantar dicho cultivo, con las últimas técnicas y diseños de plantación, se basó en las siguientes condiciones:

- Estudio de mercado.
- Características del suelo y climatología.
- Disponibilidad de agua.

2.1. Estudio de mercado

2.1.1. Sector del olivar (aceituna de mesa y aceite de oliva) en España

El valor de la producción del sector del aceite de oliva en España se sitúa en torno a 2.688,23 (datos 2016) millones de euros. Esa cifra representa el 6,1% de la Producción de la Rama Agraria y el 10,5% de la Producción Vegetal. Sin embargo, en 2017, el valor de los productos obtenidos del olivar supuso el 6,8% de la Producción Vegetal y el 4,1% de la Rama Agraria, porcentaje muy inferior al del año precedente.

❖ Producción de aceite de oliva

España se sitúa en el primer lugar mundial en superficie y producción de aceite de oliva. La producción española representa aproximadamente el 60% de la producción de la UE y el 45% de la mundial. La superficie dedicada a este cultivo es de 2.526.496 ha (2016), lo que representa el 15 % de la SAU. De esas hectáreas, el 24% se cultiva en regadío.

La producción en la última campaña con datos (2015/16) ha sido de 1.395.000 toneladas. Es importante destacar que en el último decenio, la producción media se ha incrementado más de un 20% respecto al anterior periodo que era de 986.654 toneladas. El cultivo del olivar se caracteriza por su marcado carácter vecero que supone la alternancia de producciones altas y bajas, en unas y otras cosechas, tal y como marca la evolución mostrada en la siguiente tabla (Tabla 1):

Tabla 1. Producción española de aceite de oliva (miles de toneladas).

Producto	2012/2013	2013/2014	2014/2015	2015/2016
Aceituna de mesa	487,2	550	555,6	601,4
Aceite de oliva	618	1.782	842	1.395

Fuente: Agencia Andaluza de Promoción Exterior, Junta de Andalucía.

Como se puede observar, la producción de aceite de oliva supone más del doble de la producción en aceituna de mesa, lo que indica que se emplea mayor superficie de olivar para la elaboración de aceite de oliva.

❖ Evolución de la superficie y de la producción

En la siguiente tabla (Tabla 2), se puede observar la distribución de la superficie destinada a olivar, repartida entre superficie en secano y superficie en regadío, para el año 2013:

Tabla 2. Superficie de olivar destinada a elaboración de aceite de oliva y de aceituna de mesa (hectáreas), 2013.

Producto	Secano	Regadío	Total
Aceituna de mesa	111.793	52.002	163.795
Aceite de oliva	1.789.039	554.145	2.343.184
Total	1.900.832	606.147	2.506.979

Fuente: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

Actualmente, la superficie destinada al cultivo de olivar ha aumentado a 2.650.880 hectáreas (dato 2017), lo que ha supuesto un aumento también de la superficie regable, siendo ahora de 784.859 ha (dato 2017). Esto supone un aumento del 27,7% en cuanto a la superficie de riego y del 5,5 % de la superficie total. Estas cifras implican, inevitablemente, una disminución de la superficie de olivar en secano, pasando de 1.900.832 ha en 2013, a 1.866.021 ha.

Así mismo, de forma más detallada, en el Gráfico 1, se muestra cómo ha aumentado la superficie de olivar desde 1965 a 2013, destacando la superficie destinada a elaboración de aceite de oliva con respecto a aceituna de mesa.

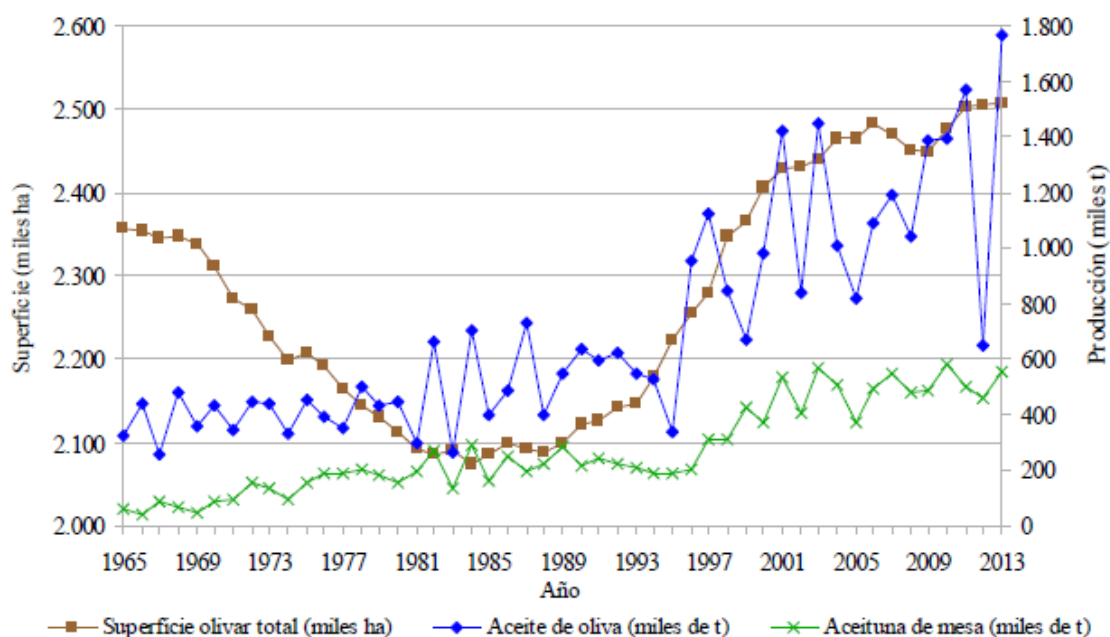


Gráfico 1. Evolución de la superficie y de las producciones de olivar en España (1965-2013).

Fuente: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

❖ Principales productores

Territorialmente, con algunas variaciones, se mantiene el esquema de producción habitual. Andalucía se sitúa en primer lugar, con un 82% de la producción total a nivel nacional y un 62% de la superficie ocupada, seguida de Castilla- La Mancha (con un 6% de la producción), Extremadura (5%) y Cataluña (3%).

2.1.2. Marco comunitario

A nivel comunitario, el aceite de oliva representó aproximadamente el 1% del valor de la Producción Final Agraria en 2015.

La producción de aceite en la Unión Europea en la campaña 2015/2016 ascendió a algo más de 2 millones de toneladas, un 43% más que en la campaña anterior, cuando se produjo un descenso similar en porcentaje. La subida de la producción comunitaria fue consecuencia de los buenos resultados en España.

Además de España, que ocupa el primer lugar en producción (Gráfico 2), otros países productores de aceite son Italia (19%), Grecia (14%) y Portugal (3%).

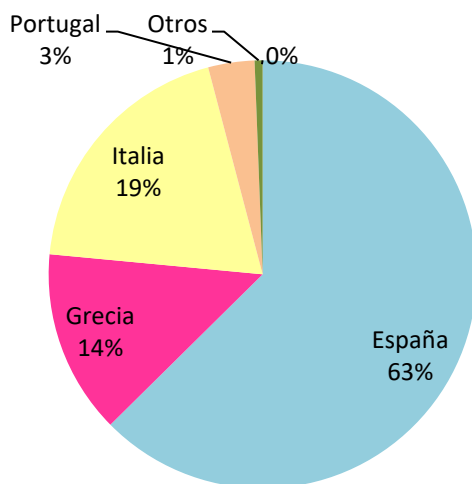


Gráfico 2. Producción de aceite de los principales países de la UE (2015).

Fuente: FAOSTAT 2016.

En la campaña 2015/2016, Italia registró una producción de 350.000 toneladas, un 57% más que en la campaña anterior. Grecia quedó con una producción de 300.000 toneladas, casi la misma cantidad que en la campaña 2014/2015, y, Portugal, también recuperó su producción hasta las 82.000 toneladas.

La superficie plantada de olivar en la UE, según datos provisionales del Comité Oleícola Internacional (COI), se elevaba a 5,5 millones de hectáreas, lo que representa el 52 % del total mundial, que es de 10,86 millones de hectáreas. España, con 2,57 millones de hectáreas, cultiva el 46,6 % de la superficie comunitaria y el 23,7 % de la mundial.

A pesar de ser los principales productores de aceite de oliva y aceituna de mesa a nivel europeo, abandonamos este puesto en lo que al consumo se refiere, situándonos en segundo lugar, por debajo de Grecia (Gráfico 3).

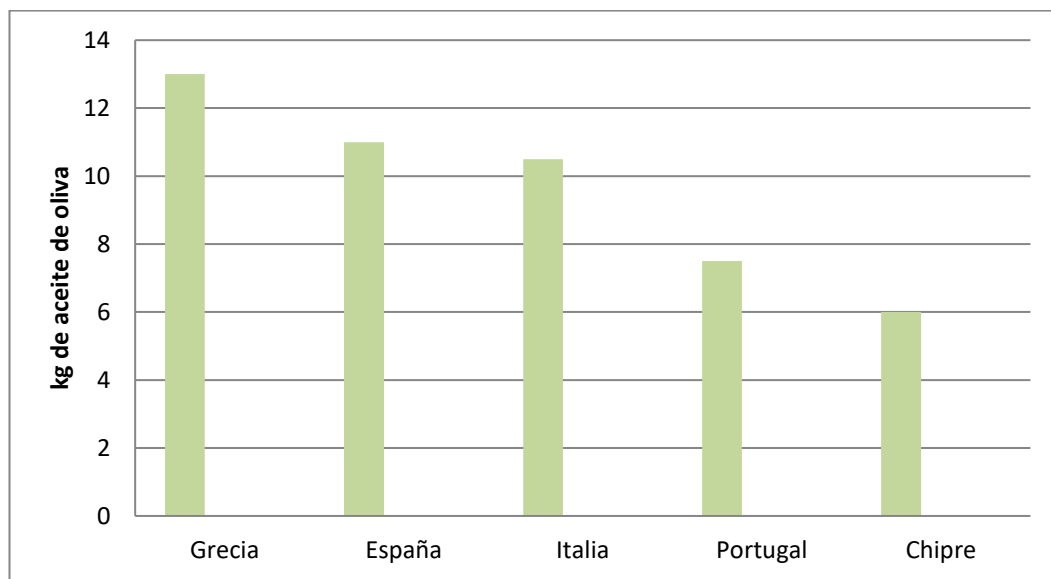


Gráfico 3. Consumo per cápita de aceite de oliva.

Fuente: FAOSTAT 2016.

2.1.3. Marco mundial

La superficie de olivar a nivel mundial ocupa un total de 10,3 millones de hectáreas, con una producción total aproximada de 16 millones de toneladas de aceituna cuyo destino se divide en un 90% para elaboración de aceite de oliva y un 10% para aceituna de mesa.

España se sitúa en cabeza, siendo el país con mayor superficie destinada a olivar y mayor producción de aceituna de mesa y aceite de oliva (Tablas 3 y 4).

Tabla 3. Distribución mundial de la superficie de olivar (en hectáreas) (2015).

País	Superficie olivar (ha)	% Total
España	2.515.800	24,4
Túnez	1.588.620	15,4
Italia	1.156.784	11,2
Grecia	945.520	9,2
Turquía	938.080	9,1
Marruecos	886.440	8,6

País	Superficie olivar (ha)	% Total
Siria	697.028	6,8
Argelia	393.443	3,7
Portugal	352.351	3,4
Libia	234.500	2,3
Resto del mundo	606.897	5,9
Total mundial	10.305.463	100

Fuente: FAOSTAT 2016.

**Tabla 4. Producción de aceite de oliva en el mundo, en la Unión Europea y en España
(miles de toneladas).**

	2012/2013	2013/2014	2014/2015	2015/2016
MUNDO	2.402	3.252	2.444	2.89
UE	1.462	2.483	1.434	2.050
ESPAÑA	618	1.782	842	1.395

Fuente: Comité Oleícola Internacional.

2.1.4. Comercio exterior e interior

En cuanto al comercio mundial de aceite de oliva, en la campaña 2015/2016 las importaciones mundiales de aceite se elevan, según el COI, a 823.500 toneladas (casi 60.000 toneladas menos que en la campaña 2014/2015) y las exportaciones a 774.000 toneladas (120.000 toneladas menos que en la campaña precedente).

Casi la mitad de las exportaciones mundiales de aceite de oliva proceden de la Unión Europea. En la campaña 2015/2016, ese porcentaje ha experimentado un aumento (530.000 toneladas, frente a las 504.000 de la campaña 2014/2015).

El primer país exportador en esta campana vuelve a ser España, seguido muy de cerca por Italia.

España es el primer exportador mundial de aceite de oliva. El aceite español se vende principalmente a la Unión Europea, destacando Italia como principal destino de estas ventas.

Por su lado, entre los países terceros, son importantes las ventas de aceite a Estados Unidos, Australia, Japón y Brasil. Aunque la diferencia se va acortando de año en año, todavía es bajo el porcentaje de aceites envasados en pequeños recipientes (menores de 5 litros) que se envían al exterior.

Se encuentra aquí un hueco de mercado, que inclina la balanza hacia la plantación de olivar en superintensivo para la elaboración y posterior envasado de aceite de oliva.

2.2. Características del suelo y climatología

Las características del suelo y la climatología se han estudiado en el *Anejo I. “Estudio Agronómico”* y el *Anejo II. “Necesidades Hidricas”*, que ponen de manifiesto las condiciones adecuadas, tanto climáticas como edáficas, para el correcto desarrollo de una plantación de olivar en la finca objeto de estudio.

2.3. Disponibilidad de agua

La finca “Las Mercedes” posee un pozo del que será posible extraer el agua para el riego de la plantación de olivar. Así mismo, la plantación se realizó con el fin de poder ser regada mediante una balsa de almacenamiento de agua, balsa que se diseñará en el presente proyecto.

2.4. Análisis

Como se ha visto, la existencia de un hueco de mercado, que permitirá obtener grandes beneficios, así como las buenas condiciones climáticas y edafológicas y la disponibilidad de agua en la finca, conllevó a que se realizara una plantación de olivar superintensivo. Las características de dicha plantación se describen a continuación.

3. CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTACIÓN DE OLIVAR

3.1. Variedad de olivo cultivada

La variedad de olivo cultivada es *Arbosana*. De porte abierto y vigor bajo. Su entrada en producción es precoz y su productividad muy elevada y constante. Las características de esta variedad son las siguientes:

- Precoz entrada en producción.
- Elevada productividad.
- Buen rendimiento graso.
- Apreciación del aceite por el mercado.
- Vigor moderado- reducido y porte abierto.
- Resistente al frío.
- Tolerante al Repilo, Verticilium y Mosca del olivo.

En cuanto a las características del aceite, éste presenta una buena armonía aromática, dulce, picante, astringente y con distintas puntas de frutado. Presenta un contenido alto en polifenoles.

Como características negativas, cabe destacar una baja estabilidad el aceite y el pequeño tamaño de los frutos que hace difícil su recolección. No obstante, esta variedad se seleccionó por su elevada productividad y su vigor reducido, lo que la hacen una variedad ideal para el olivar superintensivo.

3.2. Marco de plantación

El marco de plantación que presenta es de 3,75 x 1,5 m, que resulta en un total de 90.134 árboles.

$$N^{\circ} \text{ árboles} = \frac{507.000 \text{ m}^2}{3,75 \text{ m} \times 1,5 \text{ m}} \cong 90.134 \text{ árboles}$$

3.3. Producción

La producción esperada, con esta variedad y marco de plantación, para una plantación adulta de olivar, es de 12 tn/ha, dato con el que se realizarán los cálculos en el presente proyecto. No obstante, es necesario considerar dos aspectos importantes:

- Los años de vecería.
- La entrada en producción a partir del tercer año.

La producción media estimada para el cultivo se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7. Producción media estimada para olivar superintensivo en regadío.

Año	Cultivo	Técnica	Producción media estimada (kg/ha)
0	Olivar superintensivo	Regadío	-
1	Olivar superintensivo	Regadío	-
2	Olivar superintensivo	Regadío	-
3	Olivar superintensivo	Regadío	3.600
4	Olivar superintensivo	Regadío	4.800
5	Olivar superintensivo	Regadío	6.000
6	Olivar superintensivo	Regadío	8.400
7	Olivar superintensivo	Regadío	10.200
8-30 (años pares)	Olivar superintensivo	Regadío	12.000
9-29 (años impares)	Olivar superintensivo	Regadío	8.200

Fuente: Elaboración propia.

4. BIBLIOGRAFÍA

- TRAPERO, A., BLANCO, M. A., (1997): Enfermedades en: El cultivo del olivo. Edición: Mundi-Prensa, Madrid.
- PASTOR, M. (2005): Cultivo del Olivo con Riego Localizado. Edición:Mundi-Prensa, Madrid.
- Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura y Pesca, Ministerio deAgricultura, Pesca y Alimentación (2005): Variedades de olivo en España.Edición: Mundi-Prensa, Madrid.
- CONSEJERÍA DE AGRICULTURA Y PESCA, JUNTA DE ANDALUCÍA.(2008). El sector agrario en Andalucía
- BARRANCO, D., FERNÁNDEZ-ESCOBAR, R., RALLO, L. (2017): El Cultivo del Olivo. 7ª edición. Edición: Mundi-Prensa, Madrid.
- Plantaciones de Olivar en secto, Secano y Regadío. ASAJA. <https://www.asajajaen.com/wp-content/uploads/2016/10/Todolivo.pdf> (Septiembre, 2018).

ANEJO V

CÁLCULO DE LA Balsa Y ESTABILIDAD

DE TALUDES

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	4
1.1. Condicionantes.....	4
1.2. Ubicación de la balsa proyectada.....	5
2. PRECIPITACIÓN MÁXIMA Y VOLÚMENES RECOGIDOS	9
3. CÁLCULO DEL ALIVIADERO.....	12
3.1. Características del aliviadero	12
3.2. Estimación del nivel de avenida de proyecto.....	12
4. CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS	14
4.1. Dimensionamiento	14
4.1.1. <i>Características generales</i>	14
4.1.2. <i>Taludes</i>	15
4.1.3. <i>Coronación</i>	15
4.1.4. <i>Resguardo</i>	16
4.2. Conducciones y obras auxiliares.....	18
4.2.1. <i>Entrada de agua a la balsa</i>	18
4.2.2. <i>Salida de agua de la balsa</i>	18
4.2.3. <i>Aliviadero</i>	19
4.2.4. <i>Sistema de drenaje</i>	19
4.2.5. <i>Arqueta de desagüe</i>	20
4.2.6. <i>Arqueta de salida de drenaje</i>	20
4.2.7. <i>Cerramiento</i>	20
4.2.8. <i>Impermeabilización</i>	21
4.2.9. <i>Movimiento de tierras</i>	22
4.2.10. <i>Corrección del impacto ambiental</i>	22
5. CÁLCULO ESTRUCTURAL	23

5.1.	Cálculo de acciones	23
5.2.	Estabilidad al deslizamiento	25
5.3.	Seguridad frente a vuelco	26
5.4.	Resistencia frente a hundimiento	27
5.5.	Deformabilidad	28
5.6.	Impermeabilidad del cimiento	28
6.	ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES	28
6.1.	Métodos de análisis.....	28
6.2.	Metodología de cálculo.....	30
6.3.	Criterios generales para estudiar la estabilidad global de los taludes	30
6.3.1.	<i>Estabilidad estática</i>	30
6.3.2.	<i>Estabilidad dinámica</i>	31
6.4.	Coeficientes de seguridad	34
6.5.	Datos de partida	34
6.6.	Resultados.....	35
7.	APÉNDICE N° 1: RESULTADOS DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES.	36
8.	BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES CONSULTADAS	38

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, la finca “Las Mercedes” dispone de un pozo del que es posible extraer agua para el riego del olivar superintensivo. Sin embargo, el caudal que proporciona es insuficiente para realizar el riego directamente según los requerimientos necesarios que se han calculado en este anejo. Por ello, se requiere la construcción de una balsa de almacenamiento y regulación de agua, que permita ir extrayendo, poco a poco, el agua del pozo, con el fin de utilizarla posteriormente, para el riego de olivar superintensivo.

1.1. Condicionantes

Como se ha comentado en el “*Anejo IV. Caracterización de la plantación*” el marco de plantación del olivar es de 3,75 x 1,5 m distribuidos en una superficie de 50,70 hectáreas, siendo la dotación máxima, concedida por Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, de 2.500 m³/ha.

Teniendo en cuenta estos datos, se obtiene, aproximadamente, la dotación anual concedida para toda la finca:

$$2.500 \text{ m}^3/\text{ha} \cdot 50,7 \text{ ha} = 126.750 \text{ m}^3 \text{ y año}$$

Se plantea, por tanto, poder almacenar aproximadamente el 30% de este volumen anual, de manera que se tenga una reserva suficiente para el riego del mes de más consumo, y así poder asegurar el riego durante ese periodo, aunque hubiera algún fallo en la extracción de agua del pozo. Es una forma de minimizar posibles situaciones adversas aparte de poder disponer del caudal instantáneo necesario para regar el cultivo. Por tanto, el volumen de agua que se pretende almacenar en la balsa a proyectar será:

$$\text{Volumen total} = 126.750 \text{ m}^3 \cdot \frac{30}{100} = 38.025 \text{ m}^3 \cong 40.000 \text{ m}^3$$

Así mismo, otro condicionante a tener en cuenta serían las horas necesarias de extracción de agua del pozo para el llenado de la balsa. Según se muestra en el Anejo VII. “*Cálculos Hidráulicos de la Red de Riego*”, el caudal total de agua necesario para el riego de los dos sectores en los que se ha dividido la finca es de 115,1 l/s:

- Caudal riego Sector Alto: 62,8 l/s.
- Caudal riego Sector Bajo: 52,3 l/s

Teniendo en cuenta, además, que se tiene 3,1 horas de riego para el mes más desfavorable (julio) (Anejo VII. “*Cálculos Hidráulicos de la Red de Riego*”) y que el caudal de bombeo del pozo es de 45 l/s, se obtiene la siguiente frecuencia de llenado:

$$115,1 \text{ l/s} \cdot \frac{3.600 \text{ s}}{1 \text{ hora}} \cdot 3,1 \text{ h} = 1.248.516 \text{ l} \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{1.000 \text{ l}} = 1.248,52 \text{ m}^3$$

$$\frac{1.248,52 \text{ m}^3}{0,045 \text{ m}^3/\text{s}} = 27.744,89 \text{ s} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3.600 \text{ s}} = 7,7 \text{ h}$$

Por lo que con este número de horas, estaríamos dentro de las horas “valle”. Así mismo, con este dato se observa que el volumen de la balsa podría ser algo menor. No obstante, se diseñará una balsa de 40.000 m³ para asegurar cubrir los meses más desfavorables e incluso, tener reserva de agua en caso de avería de la bomba del pozo.

1.2. Ubicación de la balsa proyectada

Para conocer las diferentes alternativas de ubicación de la balsa, es necesario dominar la normativa de aplicación al respecto y el Plan General de Ordenación Urbanística del término municipal (Palma del Río), si fuese necesario.

El Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas, el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, y el Real Decreto 9/2008, de 11 de enero, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico,

aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, establecen los bienes que integran el dominio público hidráulico: aguas continentales, cauces de corrientes naturales, lechos de lagos y lagunas y acuíferos.

Según la citada Ley, se considera cauce al terreno que cubren las aguas en sus máximas crecidas ordinarias y sus márgenes, a los terrenos que lindan con el mismo. Las márgenes están sujetas, en toda su extensión longitudinal, a una zona de servidumbre, de cinco metros de anchura, para uso público, regulada reglamentariamente, y a una zona de policía, de 100 metros de anchura, en la que se condiciona el uso del suelo y las actividades que se desarrollan (Figura 1).

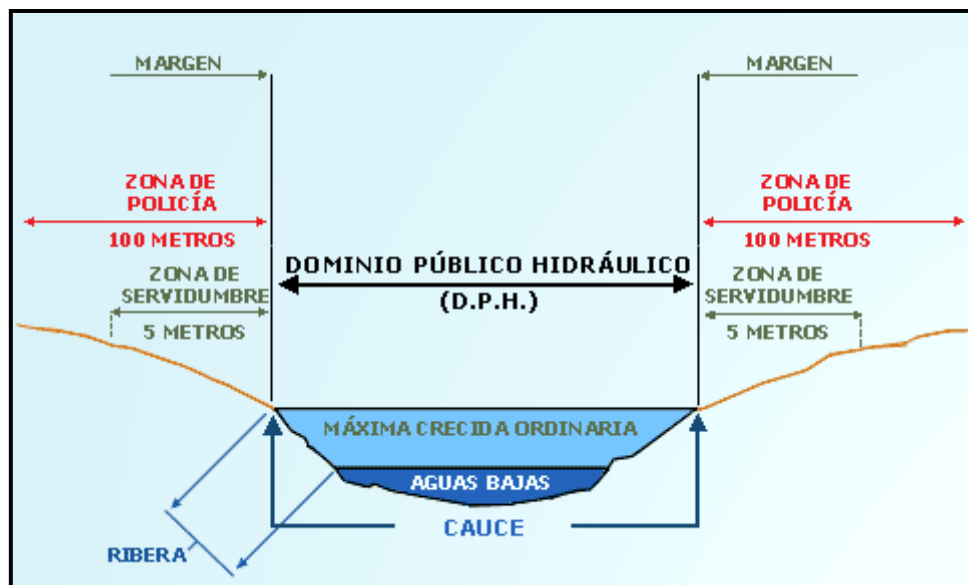


Figura 1. Zonificación del espacio fluvial.

Fuente: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPAMA), 2018.

De este modo, de acuerdo con la legislación de aguas, la zonificación del espacio fluvial está formada por las siguientes zonas:

- **Álveo o cauce natural** de una corriente continua o discontinua: es el terreno cubierto por las aguas en las máximas crecidas ordinarias.
- **Ribera:** es cada una de las fajas laterales situadas dentro del cauce natural, por encima del nivel de aguas bajas.
- **Margen:** es el terreno que limita con el cauce y situado por encima del mismo

- **Zona de policía:** es la constituida por una franja lateral de cien metros de anchura a cada lado, contados a partir de la línea que delimita el cauce, en las que se condiciona el uso del suelo y las actividades que en él se desarrollen.
- **Zona de servidumbre:** es la franja situada lindante con el cauce, dentro de la zona de policía, con ancho de cinco metros, que se reserva para usos de vigilancia, pesca y salvamento.
- **Lecho o fondo de los lagos y lagunas:** es el terreno que ocupan sus aguas, en las épocas en que alcanzan su mayor nivel ordinario. En los embalses superficiales es el terreno cubierto por las aguas cuando éstas alcanzan su mayor nivel a consecuencia de las máximas crecidas ordinarias de los ríos que lo alimentan.
- **Zonas inundables:** son las delimitadas por los niveles teóricos que alcanzarían las aguas en las avenidas, cuyo período estadístico de retorno sea de quinientos años. En estas zonas no se prejuzga el carácter público o privado de los terrenos, y el Gobierno podrá establecer limitaciones en el uso, para garantizar la seguridad de personas y bienes.

Así mismo, conforme el artículo 78 del Reglamento del Dominio Público Hidráulico, para realizar cualquier tipo de construcción en zona de policía, se exigirá la autorización previa al Organismo de cuenca, a menos que el correspondiente Plan de ordenación urbana, otras figuras de ordenamiento urbanístico, o planes de obras de la Administración, hubieran sido informados por el citado Organismo y hubieran recogido las oportunas previsiones formuladas al efecto.

De este modo, para facilitar los requerimientos legales necesarios para la puesta en marcha del proyecto, se intentará situar la balsa a más de 100 metros del Arroyo que linda con la finca (Arroyo Madre de Fuentes).

Con estas condiciones, la superficie en la que podemos situar la balsa quedaría de la siguiente forma (Figura 2):

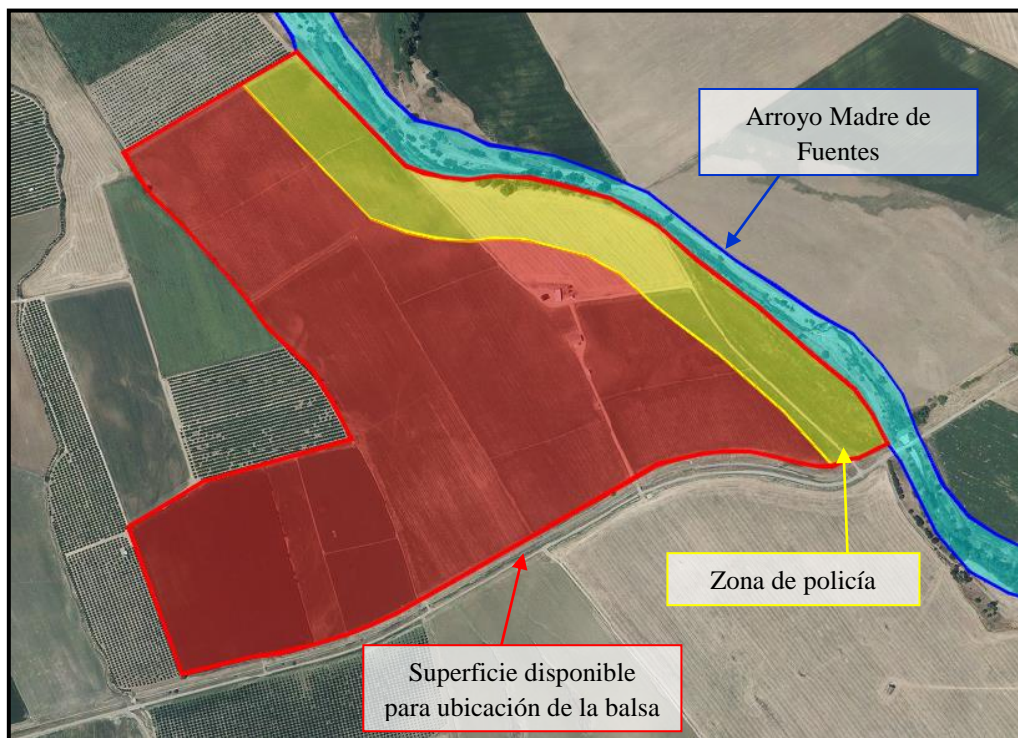


Figura 2. Superficie disponible para la ubicación de la balsa en la finca “Las Mercedes”.

Fuente: Elaboración propia.

Otro factor que condicionará la ubicación de la balsa es el centro de transformación N° 2 existente en la finca (véase Anejo XI. “*Instalación Eléctrica*”) y que, junto con otros factores como la orografía suave del terreno, los diferentes sectores de riego en los que se dividirá la finca y los caminos interiores existentes, se determina que la zona más favorable donde ubicar la balsa es la que se muestra en la Figura 3. Ésta se ha elegido para afectar lo menos posible a las líneas de cultivo ya existentes en la finca, de forma que los sectores de riego queden homogéneos y no se vean divididos o alterados por la construcción de la balsa, aprovechando a la vez la disponibilidad de alimentación eléctrica.

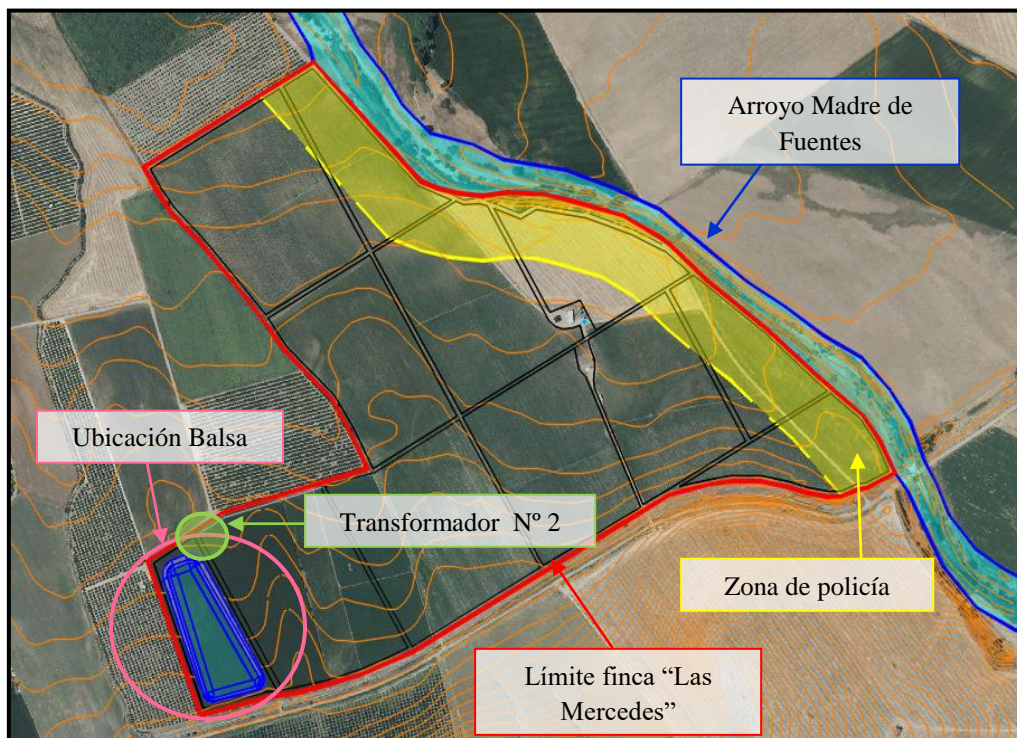


Figura 3. Ubicación elegida para la construcción de balsa en la finca “Las Mercedes”.

Fuente: Elaboración propia.

2. PRECIPITACIÓN MÁXIMA Y VOLÚMENES RECOGIDOS

En el presente apartado se incluyen los estudios realizados para la determinación de la máxima precipitación diaria en la zona donde se sitúa la balsa, para un período de retorno de 500 años, definiendo posteriormente las precipitaciones máximas para distintas duraciones de aguacero y calculando el volumen recogido en la balsa.

El volumen de agua que capta de forma natural la balsa proyectada es el de la lluvia que cae directamente sobre ella.

Los cálculos realizados sobre la pluviometría son importantes a la hora del dimensionamiento del aliviadero, pues éste hay que dimensionarlo teniendo en cuenta el aguacero máximo.

La precipitación máxima diaria (P_d) para la zona donde se ubica la balsa se obtiene del programa Maxplu, del Ministerio de Fomento. El valor obtenido es de 140 mm.

$$P_d = 140 \text{ mm}$$

Para el cálculo de las precipitaciones máximas para distintas duraciones de aguacero, se parte de la precipitación máxima diaria obtenida en el apartado anterior.

Para dicho cálculo se utiliza la formulación expuesta en la Instrucción 5.2-IC de Drenaje Superficial, que tiene la siguiente expresión (Ec.1):

$$I_t = I_d \cdot \left(\frac{I_1}{I_d} \right)^{\frac{28^{0,1} - t^{0,1}}{28^{0,1} - 1}} \quad \text{Ec. 1}$$

Donde:

- I_d (mm), Intensidad media diaria de precipitación. Es igual a $P_d/24$.
- P_d (mm), Precipitación total diaria correspondiente.
- I_1 (mm), Intensidad horaria de precipitación. El valor de la razón I_1/I_d se tomará del mapa de isolíneas recogidos en la Instrucción 5.2-IC reflejado en el “Anejo II. Necesidades Hídricas”, que para la zona que nos ocupa tiene un valor de 9.
- T (h), Duración del intervalo al que se refiere I_t .

De este modo, para una duración de una hora se obtienen los siguientes valores de I_t , según se muestra en la Tabla 1:

Tabla 1. Valores de precipitación máxima para una duración de intervalo de 1 hora.

	P_d (mm)	I_1 (mm)	I_t (mm)
Balsa proyectada	140	9	52,50

Fuente: Elaboración propia.

Basándose en lo anteriormente expuesto, se pueden obtener las precipitaciones sobre la balsa para cualquier duración de lluvia, la precipitación horaria para una lluvia

uniforme de cualquier duración y, multiplicando la precipitación total por la superficie de recogida de la balsa (14.270 m²), se obtienen los volúmenes de agua recogidos.

A continuación, se adjunta la Tabla 2, en la que se puede observar, para distintas duraciones de lluvia, la precipitación horaria, la precipitación total, el porcentaje sobre la precipitación máxima diaria y los volúmenes recogidos para la balsa proyectada.

Tabla 2. Precipitaciones máximas y volúmenes recogidos.

T (h)	Precip. Horaria (mm)	Precip. Total (mm)	Precip. Diaria (%)	Volúmenes balsa (m³)
1	52,50	52,50	37,50	749
2	35,23	70,47	50,34	1006
3	27,54	82,62	59,01	1179
4	22,98	91,92	65,66	1312
5	19,90	99,49	71,06	1420
6	17,65	105,88	75,63	1511
7	15,92	111,41	79,58	1590
8	14,53	116,28	83,05	1659
9	13,40	120,63	86,16	1721
10	12,46	124,56	88,97	1777
11	11,65	128,13	91,52	1828
12	10,95	131,42	93,87	1875
13	10,34	134,45	96,03	1919
14	9,80	137,26	98,04	1959
15	9,33	139,88	99,91	1996
16	8,90	142,33	101,66	2031
17	8,51	144,63	103,31	2064
18	8,16	146,80	104,86	2095
19	7,83	148,85	106,32	2124
20	7,54	150,79	107,70	2152
21	7,27	152,63	109,02	2178
22	7,02	154,37	110,27	2203
23	6,78	156,04	111,46	2227
24	6,57	157,63	112,59	2249
36	4,79	172,39	123,14	2460

T (h)	Precip. Horaria (mm)	Precip. Total (mm)	Precip. Diaria (%)	Volúmenes balsa (m ³)
48	3,80	182,26	130,18	2601
72	2,71	194,86	139,19	2781

Fuente: Elaboración propia.

3. CÁLCULO DEL ALIVIADERO

3.1. Características del aliviadero

El aliviadero proyectado tendrá como misión evacuar el exceso de agua que exista por encima del nivel máximo de almacenamiento, como consecuencia del oleaje producido por el viento o por una precipitación muy elevada en un corto espacio de tiempo. Por ello, su entrada en funcionamiento va estar muy restringida a situaciones muy esporádicas.

Se proyecta un aliviadero formado por un vertedero de hormigón armado que tiene un hueco de 1,5 m de anchura y 0,50 m de altura, que atraviesa el dique de la balsa y desemboca en una arqueta también de hormigón armado, desde donde se encauza el agua hasta desagüe mediante una tubería de PVC corrugado de 315 mm de diámetro.

3.2. Estimación del nivel de avenida de proyecto

El caudal que deberá ser capaz de evacuar el aliviadero será el correspondiente a la máxima precipitación sobre la superficie del embalse, además de, para una mayor seguridad, el caudal de entrada a la balsa desde la captación, suponiendo que, por un fallo del sistema, no se puede cortar esta entrada de agua.

La precipitación máxima diaria para un período de retorno de 500 años, es $P_d = 140$ mm. El máximo caudal aportado por la lluvia será de (Ec. 2):

$$Q_{lluvia}(l/s) = \frac{S_{vaso}(m^2) \cdot P_d(l/m^2/día)}{24(h/día) \cdot 3.600 (s/h)} \quad Ec. 2$$

Donde:

- $S_{vaso} (m^2)$, Superficie de agua recogida. Es igual a $S_{vaso} = 14.270 m^2$.
- $P_d (l/m^2/día)$, Precipitación total diaria correspondiente.

Sustituyendo los diferentes valores, se obtiene que el máximo caudal aportado por la lluvia es:

$$Q_{lluvia}(l/s) = \frac{14.270 (m^2) \cdot 140(mm/día)}{24(h/día) \cdot 3.600 (s/h)} = 23,12 l/s \quad Ec. 2$$

Sumando a este caudal el máximo aporte de la conducción de llenado de la balsa (45 l/s), el aliviadero debe ser capaz de evacuar los siguientes caudales (Tabla 3):

Tabla 3. Volúmenes a evacuar por el aliviadero.

	$Q_{lluvia} (l/s)$	$Q_{llenado} (l/s)$	$Q_{aliviadero} (l/s)$
Balsa Proyectada	23,12	45	68,12

Fuente: Elaboración propia.

La Ley de desagüe del aliviadero viene dada por la cantidad de agua que es capaz de desaguar el vertedero de hormigón armado de un hueco de 1,5 x 0,50 m. Se ha calculado considerando el mismo como un vertedero de pared gruesa, según la siguiente expresión (Ec. 3):

$$Q = 1,7 \cdot b \cdot h^{3/2} \quad Ec. 3$$

Donde:

- $b (m)$, Anchura del vertedero. En este caso, $b = 1,5 m$.
- $h (m)$, Calado que alcanza el agua.

Con los datos de caudal antes calculados y la anchura de vertedero considerada de 1,5 m, la cota alcanzada por el agua en el mismo, la cota a la que se colocará el aliviadero (N.M.N.) y la cota alcanzada por la avenida estudiada (N.M.E.), serán, según se muestra en la Tabla 4:

Tabla 4. Calado que alcanza el agua (h), Nivel Máximo Normal (N.M.N) y Nivel Máximo Extraordinario (N.M.E).

	$Q_{\text{aliviadero}}$ (l/s)	$h_{\text{aliviadero}}$ (m)	N.M.N (m)	N.M.E (m)
Balsa proyectada	68,12	0,10	59,85	59,95

Fuente: Elaboración propia.

4. CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

4.1. Dimensionamiento

4.1.1. Características generales

Las características constructivas principales de la balsa proyectada se muestran a continuación en la Tabla 5:

Tabla 5. Características constructivas.

Parámetros constructivos	Balsa proyectada
Talud interior	2,5:1
Talud exterior	2:1
Anchura de coronación (m)	5
Cota solera de fondo (m)	56,10
Cota de coronación (m)	60,60
Altura máxima talud exterior (m)	4,50
Cota del rebosadero (m)	59,85
Altura útil de agua (m)	3,75
Volumen hasta aliviadero (m³)	40.595
Superficie ocupada (m²)	20.175

Fuente: Elaboración propia.

4.1.2. Taludes

Según las características del terreno y teniendo en cuenta que se trata de una balsa tipo presa pequeña homogénea sobre cimientos estables, se elige:

- Talud interior: 2,5:1 (H/V)
- Talud exterior terraplén: 2,0:1 (H/V)

La obra de tierra comenzará desechando la capa del suelo más superficial, que contiene materia orgánica, material que no se empleará en la construcción.

La fabricación y consolidación del cuerpo del terraplén se realizará por tongadas horizontales de 20 cm de espesor, regadas y compactadas al 100% Proctor Normal.

4.1.3. Coronación

La anchura de coronación conviene que sea mínima por razones de tipo económico. La anchura depende de la naturaleza de los materiales empleados, la altura de la balsa y de la necesidad de disponer un camino sobre ella.

Se dispondrá un pasillo de coronación de 5 m de anchura. Este pasillo llevará una capa de material granular seleccionado de 10 cm, compactado al 95% del Proctor modificado.

Se colocarán varios elementos de seguridad en la balsa para uso en caso de caídas de personas en la misma, formado por cable de nylon de 12 mm de diámetro con flotador y sujeto a poste anclado en la coronación de la balsa.

4.1.4. Resguardo

Se denomina resguardo a la diferencia entre el nivel de agua de la balsa en una situación concreta y la coronación del dique de cierre de la balsa (Z_{cor}). El resguardo se define para las dos situaciones principales de la balsa:

- a) Resguardo normal (R_{NORMAL}): es el relativo al Nivel Máximo Normal (N.M.N.) o máximo nivel que puede alcanzar el agua de la balsa en un régimen normal de explotación. Este resguardo deberá ser igual o superior a la sobreelevación correspondiente al caudal de cálculo del aliviadero (r_1) más la sobreelevación correspondiente al oleaje máximo (r_2).
- b) Resguardo mínimo ($R_{MÍNIMO}$): es el relativo al Nivel Máximo Extraordinario (N.M.E.) o nivel correspondiente al caudal de cálculo del aliviadero. Este resguardo deberá ser igual o superior a la sobreelevación correspondiente al oleaje máximo (r_2).

La comprobación del resguardo normal se puede realizar mediante la expresión siguiente (Ec. 4):

$$R_{NORMAL}(m) = Z_{cor} - N.M.N. \geq r_1 + 1,5 \cdot r_2 \quad Ec. 4$$

Donde:

- r_1 (m), Diferencia entre el Nivel Máximo Extraordinario y Nivel Máximo Normal (Ec. 5).

$$r_1 = N.M.E. - N.M.N. \quad Ec. 5$$

- r_2 , Altura de ola (m), que se puede calcular según la ecuación de Iribarren (Ec. 6):

$$r_2 = 0,6 \cdot F^{0,25} \quad Ec. 6$$

Donde:

- F o Fetch (km), Cuerda más larga de la balsa.

Por tanto, se obtienen los siguientes valores (Tabla 6), para la balsa proyectada:

Tabla 6. Parámetros para el cálculo del resguardo normal.

	N.M.N. (m)	N.M.E. (m)	r ₁ (m)	F (km)	r ₂ (m)
Balsa	59,850	59,950	0,100	0,231	0,416

Fuente: Elaboración propia.

Con la cota de coronación tomada, se establece un resguardo normal de 0,75 m (Tabla 7).

Tabla 7. Cálculo del resguardo normal.

	Z _{cor}	R _{NORMAL} (m)	r ₁ + 1,5·r ₂ (m)
Balsa	60,60	0,75	0,72

Fuente: Elaboración propia.

Complementariamente, la comprobación de que el resguardo mínimo tiene un valor suficiente se puede realizar mediante la expresión siguiente (Ec.7):

$$R_{MINIMO}(m) = Z_{cor} - N.M.E \geq 1,5 \cdot r_2 \quad Ec.7$$

En este caso, se obtiene un resguardo mínimo de 0,65 m (Tabla 8).

Tabla 8. Cálculo del resguardo mínimo.

	R _{MÍNIMO} (m)	1,5·r ₂ (m)
Balsa	0,65	0,62

Fuente: Elaboración propia.

Por lo que, tal y como se observa, cumple también con el resguardo mínimo.

4.2. Conducciones y obras auxiliares

4.2.1. Entrada de agua a la balsa

El abastecimiento de agua se realizará desde un pozo situado en la parte Este de la finca y que tiene las siguientes coordenadas (ETRS89):

- $X = 291.699,045$
- $Y = 4.171.161,878$
- Huso 30

Desde aquí, el agua se transporta hasta la balsa, a través de una tubería de P.V.C de 200 mm de diámetro y PN 6 atm.

La entrada de agua se realiza por la parte superior de la balsa. La tubería de PVC de 200 mm de diámetro que llega hasta el comienzo del talud exterior de la balsa, se sustituye aquí por una tubería P.E.A.D de 200 mm para realizar la entrada subiendo por el talud exterior de la balsa y cruzando, finalmente, el dique, por debajo del camino de coronación.

4.2.2. Salida de agua de la balsa

Para la salida de agua de la balsa, se dispondrá una toma de fondo de 300 mm conectada a una tubería de P.E.A.D de 315 mm de diámetro protegida en un tubo de hormigón armado de 500 mm. Esta tubería cruza el cuerpo de la balsa hacia su parte exterior, donde se sustituye por una tubería P.V.C. de 315 mm de diámetro hasta llegar a la nave de bombeo y filtrado. Desde esta nave, se dirige hasta el equipo de bombeo y filtrado para emplearse posteriormente como agua de riego, o bien hacia una arqueta de desagüe de dimensiones interiores 1,0 x 1,0 x 1,5 m mediante una tubería de P.V.C de 315 mm de diámetro. Desde ésta, se dirige el agua hacia el arroyo Madre de Fuentes.

4.2.3. Aliviadero

Tendrá como misión evacuar el exceso de agua que exista por encima del nivel máximo de almacenamiento, como consecuencia del oleaje producido por el viento o por una precipitación muy elevada en un corto espacio de tiempo. Por ello, su entrada en funcionamiento va estar muy restringida a situaciones muy esporádicas.

Se proyecta un aliviadero formado por un vertedero de hormigón armado que tiene un hueco de 1,5 m de anchura y 0,50 m de altura, que atraviesa el dique de la balsa y desemboca en una arqueta, también de hormigón armado, desde donde se encauza el agua hasta el Arroyo Madre de Fuentes mediante una tubería de PVC corrugado de 315 mm de diámetro.

Este vertedero estará constituido por un canal cerrado con muros y tapa de hormigón armado HA-25 de 30 cm y 25 cm de espesor respectivamente, con armadura reticular de Ø10 mm cada 15 cm, y con una solera de 25 cm de espesor de hormigón armado HA-25 con una armadura de Ø12 mm cada 20 cm, sobre una capa de hormigón de limpieza HM-20 de 10 cm, tal y como se muestra en el plano 4.3. adjunto de Detalle de aliviadero.

4.2.4. Sistema de drenaje

El sistema de drenaje se efectúa con la doble finalidad de eliminar las aguas infiltradas de parcelas adyacentes y con el fin de construir un sistema de seguridad que nos avise de posibles fugas de la impermeabilización.

La red deberá tener la capacidad de evacuar las aguas sin que sufran daños los terraplenes en caso de infiltraciones o fugas de agua.

Los drenajes estarán formados por una zanja de 0,40 m x 0,40 m revestida por un dren geotextil con un gramaje de 250 gr/m² donde, sobre el fondo, se colocará una capa de grava sobre la que irá el tubo de drenaje. La tubería drenante será de PVC corrugado y ranurado de 110 mm de diámetro. Una vez colocada ésta, se terminará de llenar la

zanja con grava de 10-25 mm, para finalmente cubrir el relleno con el mismo geotextil que ha revestido la zanja.

La red de drenaje será perimetral y transversal, estando la perimetral situada a varios metros del pie del talud interior y la transversal conectada a un lateral de la red perimetral. Todos desembocarán en un colector, que será una tubería de P.E.A.D. de 100 mm de diámetro, protegida en tubo de hormigón armado de 300 mm de diámetro, y discurrirá desde el término del dren del que se alimentan hasta el exterior del muro, desembocando el tubo finalmente en la arqueta de drenaje.

4.2.5. Arqueta de desagüe

La arqueta de desagüe de la balsa tiene unas dimensiones de 1,0 x 1,0 x 1,5 m y es de hormigón armado HA-25 con muros de 25 cm y una armadura reticular en las paredes de la arqueta de Ø10 mm cada 20 cm, y con una solera de 30 cm de espesor de hormigón armado con una armadura, en este caso también de Ø10 mm cada 20 cm.

4.2.6. Arqueta de salida de drenaje

Esta arqueta de control tiene la función de recoger el agua procedente del sistema de drenaje, para detectar posibles problemas de fugas en la balsa. Consiste en un tubo de hormigón centrifugado de 1 m de diámetro y 1,5 m de altura, con solera de hormigón en masa de 15 cm de espesor, colocada sobre una capa de 15 cm de grava. Llevará una tapa metálica de chapa de 4 mm de espesor.

4.2.7. Cerramiento

En la parte exterior de la balsa, se colocará un cerramiento formado por una malla metálica sobre tubos de acero galvanizado de 1 ½” cada 5 m y de 2 metros de altura. La misión de la malla será proteger de los daños que pudieran producir la entrada de personas o animales y evitar cualquier tipo de accidente. Para facilitar el acceso a la zona de la balsa se colocará una puerta de 3 x 2 m.

Los tubos de la cerca irán hormigonados en su base con hormigón en masa HM-20.

4.2.8. Impermeabilización

Toda la superficie de la solera, así como las paredes laterales irán protegidas con una lámina plástica de polietileno de alta densidad (PEAD) de 1,5 mm de espesor. Esta se anclará a lo largo de todo el perímetro en un zuncho a unos 50 cm del borde de la coronación, de 0,4 x 0,6 metros, donde se enterrará el inicio de cada rollo y se rellenará con 50 cm del material extraído previamente y 10 cm de hormigón en masa de resistencia característica 20 N/mm².

La lámina de P.E.A.D de 1,5 mm de espesor deberá tener las siguientes características (Tabla 9):

Tabla 9. Características de la Lámina de P.E.A.D.

Propiedad	Valor Medio	Norma Internacional
Densidad	0,94 g/cm ³	ISO-R-1183
Índice de fusión	1,6 g/10 min	ISO-R-1133
Tensión de Fluencia	18 N/mm ²	ISO-DIS 527 (Probeta A)
Alargamiento en límite de Fluencia	13 %	ISO-DIS 527 (Probeta A)
Resistencia a la rotura	24 N/mm ²	ISO-DIS 527 (Probeta A)
Alargamiento a la rotura	800 %	ISO-DIS 527 (Probeta A)
Módulo Elasticidad (tracción)	700 N/mm ²	ISO-DIS 527 (V = 1 mm/min)
Dureza Brinell	31 N/mm ²	ISO-2039

Fuente: Elaboración propia.

Entre láminas contiguas deberá existir un solape adecuado que garantice la estanqueidad del sistema (en ningún caso menor de 15 cm). Las uniones se realizarán exclusivamente por termofusión y presión. Además, serán dobles, esto es, dejan un canalillo interior de prueba a fin de que se verifique, mediante presión, la idoneidad o no de la soldadura. En zonas donde no solapen 2 láminas se utiliza la extrusión con aporte de material idéntico al de las láminas.

Repartidas a lo largo de toda la balsa, se dispondrán bandas desde coronación hasta solera de 7 m de anchura, de esta misma lámina de polietileno pero texturizado, con rugosidad suficiente para facilitar la salida de aquellos animales y personas que pudieran caer por accidente. Irán soldadas y con el mismo solape que el resto de la lámina de P.E.A.D.

El P.E.A.D. se colocará sobre geotextil no tejido de filamentos continuos de polipropileno, unidos mecánicamente por agujado, estabilizados frente a los rayos UV y gramaje de 250 gr/m². Este geotextil se colocará siguiendo las líneas de máxima pendiente, solapando de 7 a 10 cm una banda con otra, y realizando un punteo mediante soplete de aire caliente. Los controles de impermeabilización a seguir serán los siguientes:

- Del material.
- De su localización en obra.
- De la soldadura.

4.2.9. Movimiento de tierras

En primer lugar, se procederá a retirar la capa vegetal del terreno más superficial. El material necesario para la formación de los taludes en terraplén se tomará del material procedente de la excavación, de forma que compensemos lo más posible los volúmenes de desmonte y terraplén.

La balsa proyectada será de materiales sueltos impermeabilizadas con lámina de polietileno de alta densidad. Como paso previo a la colocación de la lámina impermeabilizante en la balsa, se procederá al perfilado tanto de los taludes interiores como de la solera.

4.2.10. Corrección del impacto ambiental

Como toda obra, una balsa de regulación y almacenamiento supondrá una alteración del medio en que se construye. Con frecuencia esta alteración consiste en la

realización de desmontes y terraplenes, que presentarán unas superficies impactantes en el paisaje.

No solamente como atención a este impacto deben adoptarse medidas correctoras, sino como simple medida de seguridad y protección para la propia obra, ya que estas superficies expuestas quedarán desprotegidas y la acción de los vientos y lluvia provocarán arrastres y aterramientos en los desmontes expuestos y cárcavas y corrimientos en las partes de terraplén.

Como medida correctora, debe realizarse una revegetación de los taludes exteriores. Para ello, se utilizará una cubierta vegetal compuesta por especies autóctonas. Su finalidad será la de proteger el talud exterior de la erosión producida por la lluvia, así como la corrección del impacto ambiental que produce la construcción de la balsa de regulación y almacenamiento.

5. CÁLCULO ESTRUCTURAL

En este apartado se calcula la estabilidad al deslizamiento y seguridad frente al vuelco del cuerpo de la balsa proyectada. Para ello, se define la geometría de la misma y las acciones que intervienen.

5.1. Cálculo de acciones

A continuación, en la Figura 1, se muestra el perfil del dique de la balsa, en el que se indican los diferentes parámetros que se emplean a continuación en el cálculo de los empujes.

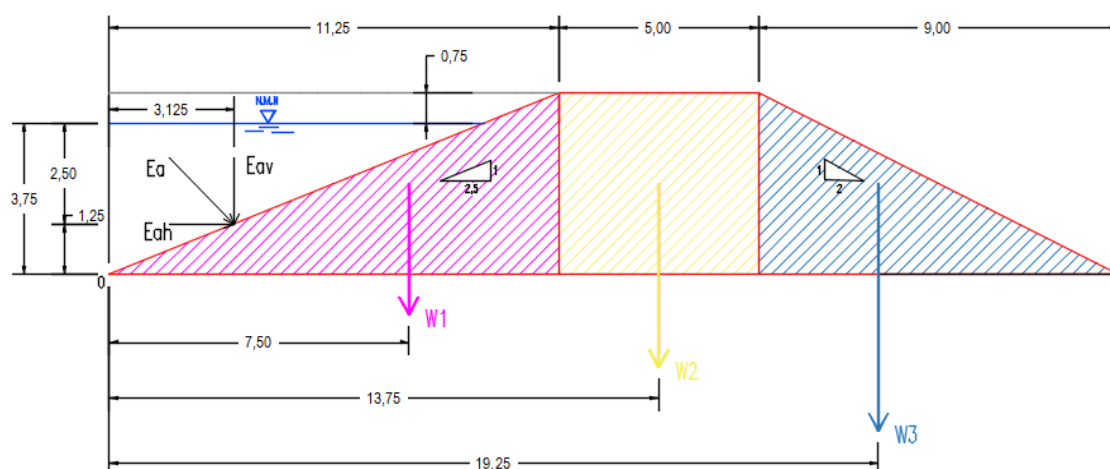


Figura 4. Perfil dique de la balsa proyectada.

Fuente: Elaboración propia.

- Empuje hidrostático:

$$E_a = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot \frac{H^2}{\cos(\alpha)} = \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot \frac{3,75^2}{\cos(68,2)} = 18,93 \text{ t/m}$$

$$E_{ah} = E_a \cdot \cos(\alpha) = 18,93 \cdot \cos(68,2) = 7,03 \text{ t/m}$$

$$E_{av} = E_a \cdot \sin(\alpha) = 18,93 \cdot \sin(68,2) = 17,58 \text{ t/m}$$

En las tablas 10 y 11 se exponen las diferentes acciones que actúan en el cuerpo de la balsa teniendo en cuenta que la densidad máxima del terreno es de $1,69 \text{ t/m}^3$. Se calculan también los momentos respecto al punto O:

- ❖ Fuerzas horizontales:

Tabla 10. Fuerzas horizontales de empuje.

FUERZA	MÓDULO (t/m)	DISTANCIA (m)	MOMENTO (tm/m)
E_{ah}	7,03	1,25	8,79
Total	$\Sigma = 7,03$		$\Sigma = 8,79$

Fuente: Elaboración propia.

❖ Fuerzas verticales:

Tabla 11. Fuerzas verticales de empuje.

FUERZA	MÓDULO (t/m)	DISTANCIA (m)	MOMENTO (tm/m)
E_{AV}	17,58	3,13	55,03
W₁	42,77	7,50	320,80
W₂	38,03	13,75	522,84
W₃	34,22	19,25	658,78
Total	132,60		1.557,45

Fuente: Elaboración propia.

5.2. Estabilidad al deslizamiento

La tendencia al deslizamiento de una balsa producida por el empuje hidrostático es resistida por la cohesión y fricción entre el cuerpo de la balsa y el terreno de la cimentación.

Se define como coeficiente de seguridad al deslizamiento, el cociente entre la fuerza resistente total y la carga horizontal aplicada.

La hipótesis más desfavorable es la de embalse lleno y las solicitaciones a considerar son el peso propio, el empuje hidrostático hasta el nivel máximo de llenado, la subpresión en el plano de contacto producida por la infiltración del agua bajo el plano de cimentación, que no se tendrá en cuenta debida a la impermeabilización de la balsa, y las sacudidas sísmicas en su caso.

Si no se tiene en cuenta el efecto sísmico, se comprobará que las fuerzas que tienden a producir el deslizamiento son inferiores a las fuerzas que se oponen a aquel, calculadas éstas con una minoración de 1,5 para los coeficientes de rozamiento y de 5 para las cohesiones.

Se debe cumplir que $T > E_{ah}$

Donde:

- T (t), Fuerza de rozamiento entre el cimiento y la estructura (Ec. 7):

$$T = \frac{c' \cdot L}{5} + \frac{N \cdot \operatorname{tg}(\phi)}{1,5} \text{ Ec. 7}$$

Donde:

- c' (t/m²), Cohesión efectiva.
- N (t), Suma de fuerzas verticales.
- Φ (°), Ángulo de rozamiento interno.
- L (m), Longitud de la cimentación.

Los resultados obtenidos, tras sustituir los diferentes valores en la expresión anterior (Ec. 7), se muestran a continuación en la Tabla 12:

Tabla 12. Fuerza de rozamiento entre el cimiento y la estructura.

c' (t/m ²)	N (t)	ϕ'	L (m)	T (t)
0,5325	132,60	29,79	25,25	53,29

Fuente: Elaboración propia.

La fuerza de rozamiento entre el cimiento y la estructura es mayor que el empuje horizontal, luego cumple la seguridad frente al deslizamiento.

5.3. Seguridad frente a vuelco

Se debe cumplir que la resultante de todas las fuerzas pase por el núcleo central de la balsa, tal que la excentricidad sea menor de $L/6$.

La excentricidad (e), viene dada por la siguiente expresión (Ec. 8):

$$e = \left| e' - \frac{L}{2} \right| \quad \text{Ec. 8}$$

Donde:

- e' , es el cociente entre la resultante de los momentos de las fuerzas verticales (M_r) y la resultante de las fuerzas verticales (N_r).
- L = longitud de la cimentación (m).

Tal y como se observa en la Tabla 13, la excentricidad es menor que $L/6$, por lo que cumple la seguridad frente al vuelco.

Tabla 13. Valor de excentricidad.

e' (m)	L (m)	e (m)	$L/6$ (m)
11,75	25,25	0,875	4,21

Fuente: Elaboración propia.

5.4. Resistencia frente a hundimiento

Dado que el cimiento es suficientemente rígido, se admite un reparto lineal de tensiones (Ec. 10 y 11):

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{N}{L} \cdot \left(1 + 6 \cdot \frac{e}{L} \right) \left(\frac{t}{m^2} \right) \quad Ec. 10$$

$$\sigma_{m\acute{i}n} = \frac{N}{L} \cdot \left(1 - 6 \cdot \frac{e}{L} \right) \left(\frac{t}{m^2} \right) \quad Ec. 11$$

Donde:

- N (t), Suma de fuerzas verticales.
- L (m), Longitud de la cimentación.

Debiéndose cumplir que (Ec. 12):

$$\sigma_{m\acute{a}x} < 2,5 \frac{kg}{cm^2} = 25 \frac{t}{m^2} \quad Ec. 12$$

Según se muestra en la Tabla 14, latensión máxima soportada por el terreno ($\sigma_{\text{máx}}$), es inferior a 2,5 kg/cm², por lo que cumple la resistencia frente a hundimiento.

Tabla 14. Resistencia frente a hundimiento.

N (t)	L (m)	e (m)	$\sigma_{\text{máx}}$ (t/m²)
132,60	25,25	0,875	6,34

Fuente: Elaboración propia.

5.5. Deformabilidad

Al haber realizado un diseño con pendientes suaves, no se esperan problemas de deformabilidad en la balsa.

5.6. Impermeabilidad del cimiento

Los cimientos de la balsa se consideran lo suficientemente impermeables como para no tener que adoptar medidas especiales. No obstante, el suelo deberá estar bien limpio y a una profundidad tal que se asegure dicha impermeabilidad; en caso contrario habría que disponer un tapiz impermeable aguas abajo.

6. ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES

Es preciso analizar la estabilidad de los taludes frente al posible deslizamiento provocado por las tensiones tangenciales que existen en el interior de la masa del suelo.

6.1. Métodos de análisis

Los métodos de análisis de estabilidad más antiguos y más utilizados en balsas pequeñas son los basados en el equilibrio límite. Los diversos métodos de equilibrio límite están basados en las hipótesis que a continuación se detallan.

Consideran la estabilidad como un problema de deformación plana, es decir, el talud es indefinido en la dirección horizontal y paralela a la superficie del talud. Se

estudia la estabilidad según un número suficientemente elevado de superficies de deslizamiento. La forma de la superficie varía según el método. La estabilidad se analiza comparando el cociente entre las fuerzas resistentes que se oponen al deslizamiento y las fuerzas que tiendan a provocarlo. Dicho cociente recibe el nombre de coeficiente de seguridad. Si el mínimo de los coeficientes de seguridad obtenidos para las posibles superficies de deslizamiento probadas es superior al indicado por la Instrucción Española, se podrá garantizar la estabilidad de la balsa.

En el análisis de estabilidad de una ladera finita, como es la de una balsa, hay que considerar dos variables: una es la forma de la superficie de falla y otra, la situación de la superficie crítica. En cuanto a la primera, la superficie es curva. Muchos investigadores han sugerido que la superficie curva es un arco circular o parte de una espiral logarítmica. Las superficies de deslizamiento observadas tienden a ser una combinación de ambas, aunque a veces existen discontinuidades si la superficie intersecta a un estrato duro tal como una arcilla rígida, una arena densa o roca.

Para estudiar el equilibrio de cada faja, consideramos que no existe interacción lateral de unas con otras, por lo que es un método más conservador en este sentido. Las fuerzas que actúan son: el peso total de la faja W , la fuerza normal total en la base N cuyas dos componentes son, por lo general, la fuerza efectiva N y la presión intersticial $u \cdot l$, y por último la fuerza de corte en la base T .

Planteado así el problema, la fuerza que tiende a producir inestabilidad es (Ec. 13):

$$T = W \cdot \text{sen}(\alpha) \quad \text{Ec. 13}$$

La fuerza estabilizante máxima que puede desarrollarse en la base de cada faja sería (Ec. 14):

$$C' \cdot L + (N - u \cdot l) \cdot \text{tg}(\phi) = c' \cdot l + (W \cdot \cos(\alpha) - u \cdot l) \cdot \text{tg}(\phi') \quad \text{Ec. 14}$$

Para que se produzca la inestabilidad del talud es necesario que en todas llegue a agotarse la capacidad resistente y por tanto se puede establecer como coeficiente de seguridad (Ec. 15):

$$F = \frac{\sum(c' \cdot l + (W \cdot \cos(\alpha) - u \cdot l) \cdot \operatorname{tg}(\phi'))}{\sum W \cdot \operatorname{sen}(\alpha)} \quad \text{Ec. 15}$$

El método de análisis empleado para el cálculo de la estabilidad de los taludes es el método de Bishop.

6.2. Metodología de cálculo

La forma sistemática de abordar el problema del análisis de estabilidad en un talud es la siguiente:

- Establecer una retícula de centros posibles.
- En cada centro tomar varios círculos con distinto radio.
- Encontrar el coeficiente de seguridad de cada círculo.
- Obtener el mínimo valor de F para cada centro.
- Determinar el mínimo de mínimos de F que sería el coeficiente de seguridad del talud.

Esta ardua tarea se simplifica mediante el cálculo por ordenador.

6.3. Criterios generales para estudiar la estabilidad global de los taludes

6.3.1. Estabilidad estática

El análisis de la estabilidad del dique de cierre y su cimiento debe contemplar las siguientes situaciones:

- Situación de final de construcción: esta situación se analizará en los casos en los que el dique de cierre está constituido mayoritariamente por materiales arcillosos en los que se puede suponer que no se ha producido disipación de la presión

intersticial durante el proceso de construcción. En este caso se analizará esta situación al estar constituido mayoritariamente el dique por materiales arcillosos de baja plasticidad, clasificados como CL para ambas balsas.

- Embalse lleno: esta hipótesis supone que la carga de agua se corresponde con la cota de máximo embalse posible. Para los casos de balsas con elemento de impermeabilización externa se supondrá que en el dique de cierre no hay línea piezométrica. Esta hipótesis se estudiará para el talud exterior.
- Rotura del elemento de impermeabilización externo: esta hipótesis supone que la carga de agua se corresponde con la cota de máximo embalse posible y aparece una línea de saturación en el cuerpo del dique. Esta hipótesis se estudiará para el talud exterior.
- Desembalse rápido: esta situación se corresponde con la situación en la que se produce un vaciado de la balsa a una velocidad mayor que la necesaria para que se produzca el drenaje del cuerpo del dique, lo que implica la presencia de sobrepresiones intersticiales en el interior del cuerpo del dique. En las balsas con elemento de impermeabilización externo, para que esta situación se dé, debe ir aparejada con la anterior, es decir, se ha tenido que producir primero una rotura de la impermeabilización para que se sature el cuerpo del dique. Esta hipótesis no se estudia, ya que es muy poco probable que se den las dos situaciones simultáneamente.

En estas cuatro situaciones de cálculo se deben analizar superficies de deslizamiento que se desarrollen por el cuerpo del dique de cierre, por el cimientado del mismo o por el contacto entre uno y otro.

6.3.2. Estabilidad dinámica

En aquellas zonas cuya aceleración básica (a_b) sea igual o superior a $0,04 \cdot g$, siendo g la aceleración de la gravedad, se debe tener en cuenta el efecto del terremoto en la estabilidad del dique de cierre.

La incorporación del efecto del terremoto en los cálculos se podrá hacer por el método pseudoestático, es decir, incorporando una fuerza horizontal igual al peso del terreno multiplicado por un coeficiente sísmico que se obtiene como indica la Norma de Construcción Sismorresistente (NCSE-02).

Teniendo en cuenta la reducida probabilidad de ocurrencia de sismo en las situaciones de final de construcción y desembalse rápido, el análisis de la estabilidad dinámica del dique de cierre y su cimiento, para no penalizar el diseño, se puede limitar a la situación de sismo con el embalse lleno.

Tal y como marca la NCSE-02, la aceleración sísmica de cálculo a_c se define como (Ec. 16):

$$a_c = S \cdot \rho \cdot a_b \quad \text{Ec. 16}$$

Siendo:

- a_b , Aceleración sísmica básica, definida en el apartado 3.2. ($a_b = 0,06 \text{ g}$).
- ρ , Coeficiente adimensional de riesgo, función de la probabilidad aceptable de que se exceda a_c en el periodo de vida para el que se proyecta la construcción. Definido en el apartado 3.3. ($\rho = 1$).
- S , Coeficiente de amplificación del terreno. Toma el valor:

$$S = \frac{C}{1,25} \quad \text{para } \rho \cdot a_b \leq 0,1 \text{ g}$$

$$S = \frac{C}{1,25} + 3,33 \cdot \left(\rho \cdot \frac{a_b}{g} - 0,1 \right) \cdot \left(1 - \frac{C}{1,25} \right) \quad \text{para } 0,1 \text{ g} < \rho \cdot a_b < 0,4 \text{ g}$$

$$S = 1,0 \quad \text{para } 0,4 \text{ g} < \rho \cdot a_b$$

Siendo:

- *C, Coeficiente de terreno. Depende de las características geotécnicas del terreno de cimentación. En este caso:*

Tipo de terreno III. Suelo granular de compacidad media, o suelo cohesivo de consistencia firme a muy firme. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla, $400 \text{ m/s} \geq V_s \geq 200 \text{ m/s}$.

$$C = 1,6$$

Sustituyendo todos los valores anteriores, se obtiene una aceleración sísmica de cálculo, a_c :

$$a_c = 1,28 \cdot 1 \cdot 0,06 = \mathbf{0,0768 \text{ g}}$$

Para comprobar el efecto de la acción sísmica en el estudio de los problemas de estabilidad global controlados por la resistencia del terreno y, a falta de un mejor procedimiento para realizar el cálculo dinámico, se podrá suponer las aceleraciones siguientes:

- Coeficiente sísmico horizontal: $a_h = \alpha \cdot a_c$
- Coeficiente sísmico vertical: $a_v = 1/2 \cdot a_h$

Siendo a_c la aceleración sísmica de cálculo en el emplazamiento, definida anteriormente.

El factor α o coeficiente sísmico trata de evaluar la flexibilidad de la obra frente a los terremotos. Su valor debe ser tanto más alto cuanto más coartado este el movimiento. Para problemas de taludes exentos y muelles de gravedad sin coacciones, $\alpha = \mathbf{0,5}$.

Por tanto, el coeficiente sísmico horizontal a tener en cuenta para el cálculo de la estabilidad de taludes será:

$$a_h = \alpha \cdot a_c = 0,5 \cdot 0,0768 \cdot g = 0,0384 \cdot g$$

6.4. Coeficientes de seguridad

Los valores mínimos de los coeficientes de seguridad que se deben adoptar en los cálculos de estabilidad global se recogen en la siguiente tabla (Tabla 15):

Tabla 15. Coeficientes de seguridad.

SITUACIÓN DE DISEÑO	F.S.
Final de construcción	1,3
Rotura del elemento de impermeabilización	1,3
Embalse lleno con sismo	1,3
Embalse lleno sin sismo	1,5

Fuente: Manual para el diseño, construcción, explotación y mantenimiento de balsas. CEDEX.

6.5. Datos de partida

Los datos de entrada introducidos en el programa de ordenador ‘STB 2010’ se muestran a continuación en las Tablas 16 y 17:

❖ Propiedades del terreno (Tabla 16):

Tabla 16. Propiedades del terreno.

	Balsa proyectada
Angulo de rozamiento (°)	29,79
Coefficiente de rozamiento	0,572
Cohesión (kN/m ²)	5,325
Densidad máxima (kN/m ³)	16,90
Densidad saturada	19,40
Coefficiente sísmico	0,0384

Fuente: Elaboración propia.

❖ Geometría de la balsa (Tabla 17):

Tabla 17. Geometría de la balsa.

	Balsa proyectada
Altura interior (m)	4,5
Altura exterior (m)	4,5
Anchura de coronación (m)	5
Talud interior	2,5/1
Talud exterior	2,0/1
Altura máx de agua (m)	3,75

Fuente: Elaboración propia.

6.6. Resultados

Al final de este anejo se adjunta el apéndice con los resultados de los cálculos en los taludes interior y exterior para las hipótesis de cálculo antes reseñadas. Para obtener el mínimo factor de seguridad se ha utilizado el programa STB 2010, obteniéndose los siguientes valores (Tabla 18):

Tabla 18. Mínimo factor de seguridad.

	Balsa proyectada
Final de construcción	1,798
Rotura del elemento de impermeabilización	1,880
Embalse lleno con sismo	1,904
Embalse lleno sin sismo	2,079

Fuente: Elaboración propia a partir del software informático “STB 2010”.

Como se observa, en todos los casos, los factores de seguridad obtenidos son mayores que los mínimos exigidos.

7. APÉNDICE N° 1: RESULTADOS DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES.

A continuación se adjuntan los resultados obtenidos del cálculo de la estabilidad de taludes para la balsa estudiada.

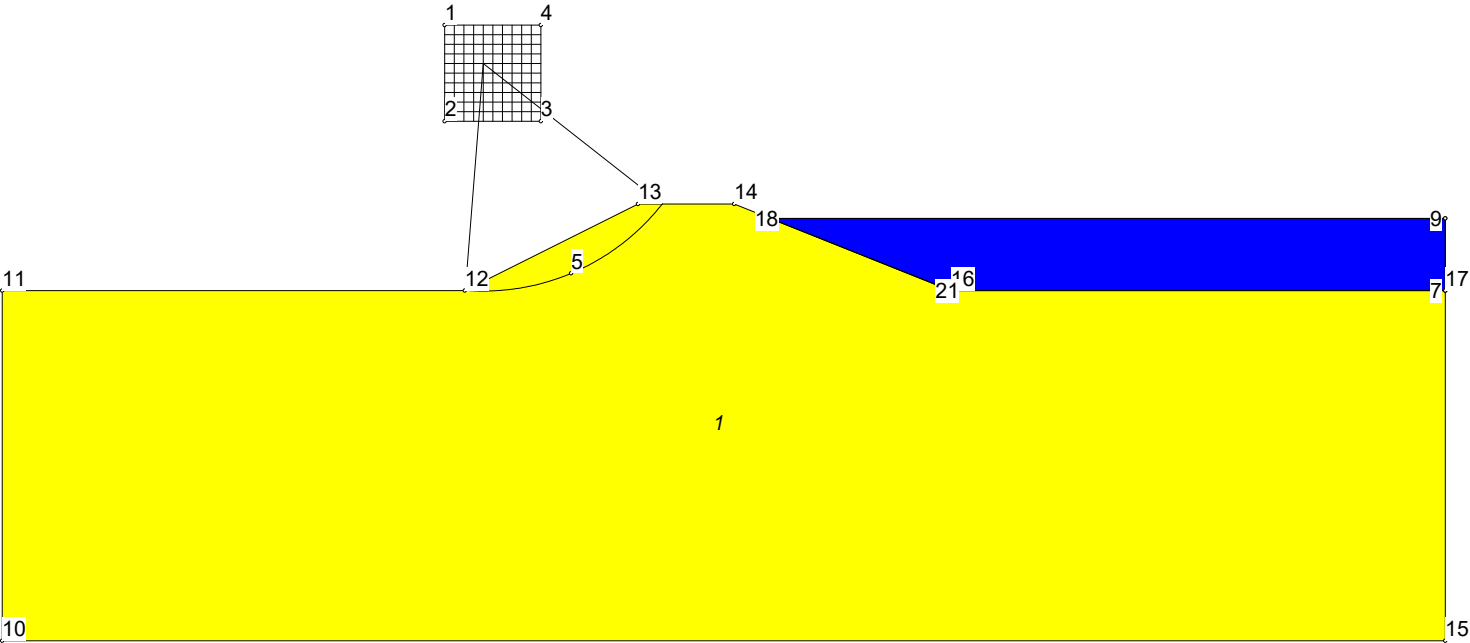
APÉNDICE I: RESULTADOS DE LA ESTABILIDAD DE TALUDES

Hipótesis 1. Balsa llena con sismo.

General Data

Licensed User : o_exterior.stb
File Name : Balsa 1 llena con sismo_exterior.stb
Problem Name : New Problem
Number of Slices : 1000
Relative Horizontal Force: 0.038400
Number of Nodes : 21
Number of Soil Polygons : 1

Figure with critical slip circle



F = 1.904

Input Data

Coordinates of Nodes

Node	x	y
1	23.000	32.000
2	23.000	27.000
3	28.000	27.000
4	28.000	32.000
5	29.573	19.095
6	75.000	18.200
7	75.000	18.200
8	75.000	21.950
9	75.000	21.950
10	0.000	0.000
11	0.000	18.200
12	24.050	18.200
13	33.050	22.700
14	38.050	22.700
15	75.000	0.000
16	49.300	18.200
17	75.000	18.200
18	39.900	21.950
19	49.300	18.200
20	49.300	18.200
21	49.300	18.200

Structure of Polygons

Window of centers of slip circles
Nodes 1 2 3 4
Fixed point of all slip circles
Node 5
Water Polygon
Nodes 6 7 21 20 19 18 8 9

Hipótesis 1. Balsa llena con sismo.

Soil Polygons

1 : Nodes 10 11 12 13 14 16 17 15

Properties of Soils

Soil	Wd kN/m³	Ws kN/m³	Ko --	c kN/m²	phi degrees	P/F	p=0 m	cap m
1	16.900	19.400	1.000	5.325	29.790	P		0.000

Output Data

Safety Factors

2.857	2.584	2.353	2.169	2.031	1.937	1.948	1.966	1.994	2.035	2.093
2.779	2.520	2.303	2.129	1.995	1.924	1.940	1.964	1.998	2.045	2.108
2.708	2.462	2.255	2.089	1.968	1.917	1.938	1.967	2.007	2.059	2.127
2.642	2.407	2.209	2.057	1.946	1.916	1.941	1.975	2.019	2.076	2.148
2.581	2.354	2.171	2.031	1.928	1.918	1.948	1.986	2.035	2.096	2.172
2.521	2.310	2.140	2.012	1.913	1.924	1.958	2.000	2.053	2.117	2.196
2.470	2.272	2.115	1.996	1.904	1.933	1.970	2.016	2.072	2.140	2.221
2.426	2.241	2.095	1.985	1.912	1.945	1.985	2.034	2.093	2.164	2.247
2.388	2.215	2.079	1.976	1.922	1.958	2.001	2.053	2.115	2.188	2.273
2.356	2.194	2.067	1.969	1.934	1.973	2.019	2.073	2.138	2.213	2.300
2.329	2.176	2.058	1.962	1.947	1.989	2.037	2.094	2.161	2.238	2.327

Critical slip circle

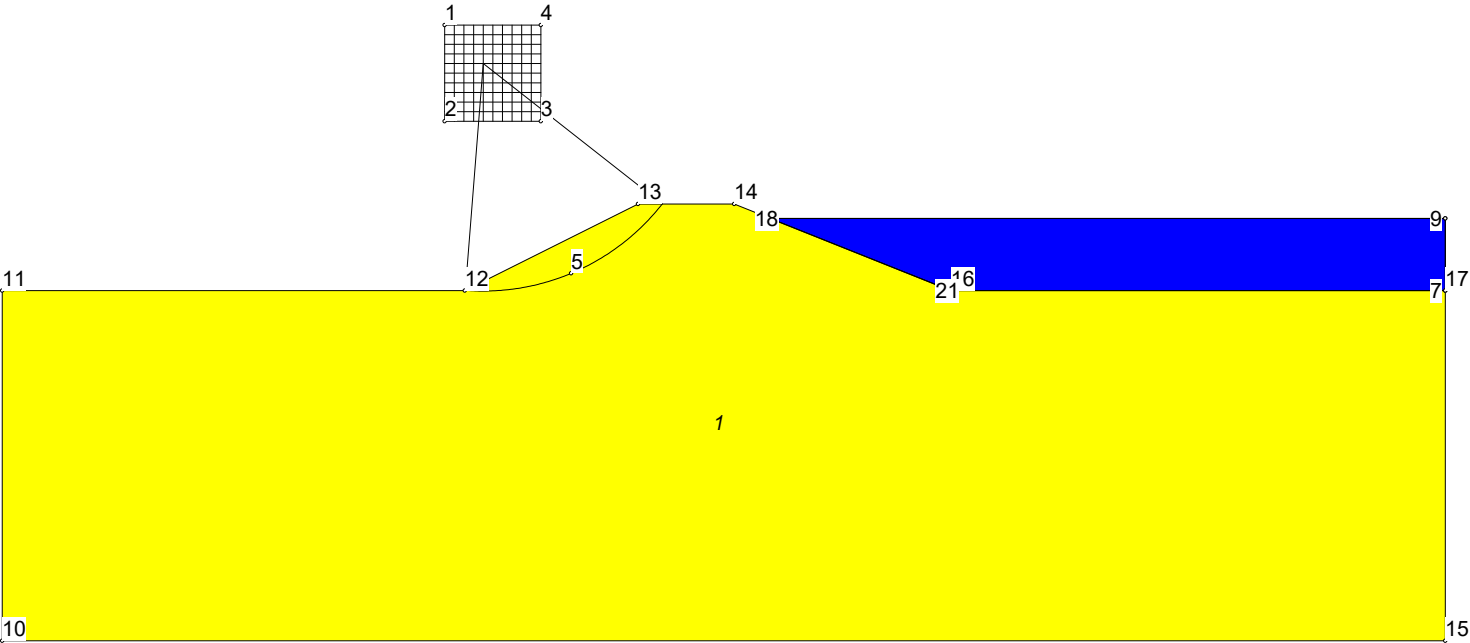
Center: x = 25.000, y = 30.000, Radius: 11.825, F = 1.904

Hipótesis 2. Balsa llena sin sismo.

General Data

Licensed User : o_exterior.stb
File Name : Balsa 1 llena sin sismo_exterior.stb
Problem Name : New Problem
Number of Slices : 1000
Relative Horizontal Force: 0.000000
Number of Nodes : 21
Number of Soil Polygons : 1

Figure with critical slip circle



F = 2.079

Input Data

Coordinates of Nodes

Node	x	y
1	23.000	32.000
2	23.000	27.000
3	28.000	27.000
4	28.000	32.000
5	29.573	19.095
6	75.000	18.200
7	75.000	18.200
8	75.000	21.950
9	75.000	21.950
10	0.000	0.000
11	0.000	18.200
12	24.050	18.200
13	33.050	22.700
14	38.050	22.700
15	75.000	0.000
16	49.300	18.200
17	75.000	18.200
18	39.900	21.950
19	49.300	18.200
20	49.300	18.200
21	49.300	18.200

Structure of Polygons

Window of centers of slip circles
Nodes 1 2 3 4
Fixed point of all slip circles
Node 5
Water Polygon
Nodes 6 7 21 20 19 18 8 9

Hipótesis 2. Balsa llena sin sismo.

Soil Polygons
1 : Nodes 10 11 12 13 14 16 17 15

Properties of Soils

Soil	Wd kN/m³	Ws kN/m³	Ko --	c kN/m²	phi degrees	P/F	p=0 m	cap m
1	16.900	19.400	1.000	5.325	29.790	P		0.000

Output Data

Safety Factors

3.239	2.888	2.600	2.376	2.213	2.108	2.121	2.143	2.176	2.226	2.297
3.139	2.809	2.539	2.329	2.173	2.094	2.114	2.142	2.184	2.241	2.319
3.049	2.736	2.482	2.282	2.143	2.089	2.114	2.149	2.197	2.261	2.344
2.966	2.669	2.427	2.246	2.120	2.089	2.119	2.160	2.215	2.285	2.373
2.888	2.605	2.382	2.217	2.102	2.094	2.129	2.176	2.235	2.311	2.404
2.813	2.551	2.346	2.196	2.086	2.103	2.143	2.195	2.259	2.339	2.436
2.750	2.506	2.317	2.180	2.079	2.115	2.160	2.216	2.285	2.368	2.469
2.696	2.469	2.294	2.168	2.090	2.130	2.179	2.239	2.312	2.399	2.503
2.650	2.438	2.277	2.160	2.104	2.147	2.200	2.264	2.340	2.431	2.538
2.611	2.413	2.264	2.153	2.119	2.166	2.223	2.290	2.370	2.464	2.573
2.577	2.393	2.254	2.148	2.136	2.187	2.247	2.317	2.400	2.497	2.609

Critical slip circle

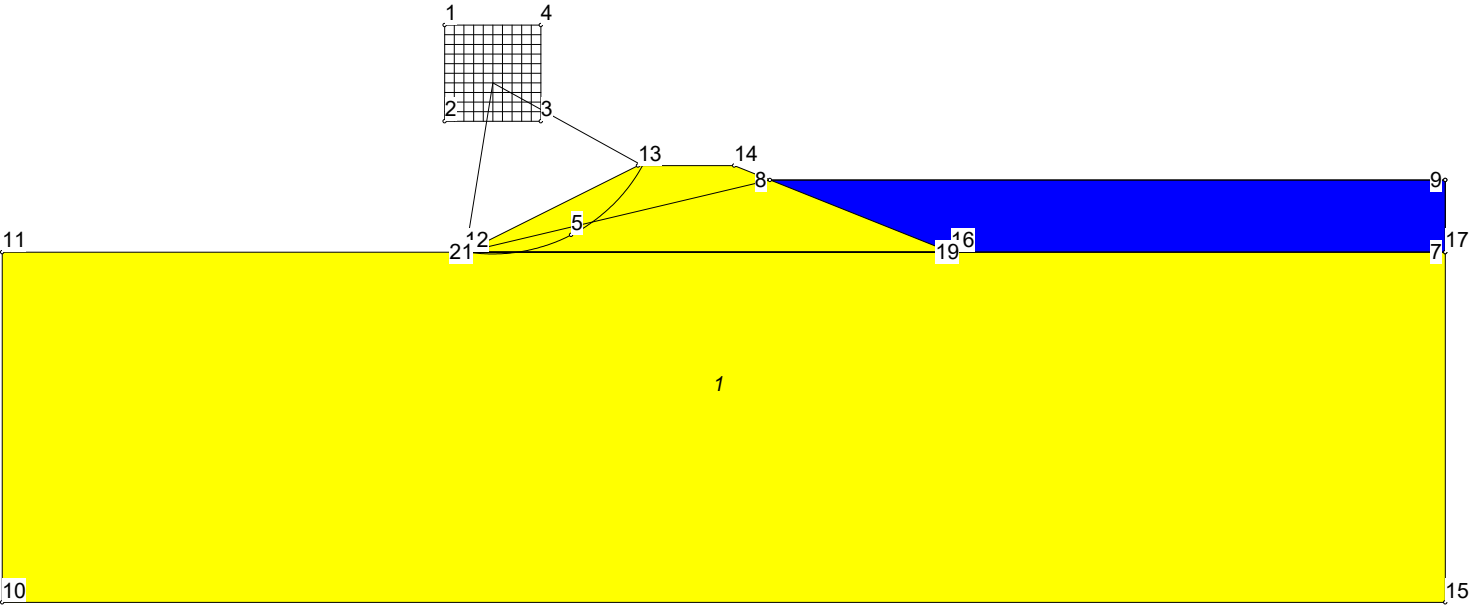
Center: x = 25.000, y = 30.000, Radius: 11.825, F = 2.079

Hipótesis 3. Rotura del elemento de impermeabilización.

General Data

Licensed User : abilización.stb
File Name : Balsa 1 rotura impermeabilización.stb
Problem Name : New Problem
Number of Slices : 1000
Relative Horizontal Force: 0.000000
Number of Nodes : 21
Number of Soil Polygons : 1

Figure with critical slip circle



F = 1.880

Input Data

Coordinates of Nodes

Node	x	y
1	23.000	30.000
2	23.000	25.000
3	28.000	25.000
4	28.000	30.000
5	29.573	19.095
6	75.000	21.950
7	75.000	18.200
8	39.900	21.950
9	75.000	21.950
10	0.000	0.000
11	0.000	18.200
12	24.050	18.200
13	33.050	22.700
14	38.050	22.700
15	75.000	0.000
16	49.300	18.200
17	75.000	18.200
18	24.050	18.200
19	49.300	18.200
20	24.050	18.200
21	24.050	18.200

Structure of Polygons

Window of centers of slip circles
Nodes 1 2 3 4
Fixed point of all slip circles
Node 5
Water Polygon
Nodes 6 7 21 20 19 18 8 9
Soil Polygons
1 : Nodes 10 11 12 13 14 16 17 15

Hipótesis 3. Rotura del elemento de impermeabilización.

Properties of Soils

Soil	Wd kN/m³	Ws kN/m³	Ko --	c kN/m²	phi degrees	P/F	p=0 m	cap m
1	16.900	19.400	1.000	5.325	29.790	P		0.000

Output Data

Safety Factors

2.954	2.619	2.341	2.124	1.976	1.905	1.941	2.024	2.089	2.130	2.173
2.873	2.556	2.295	2.095	1.961	1.899	1.944	2.015	2.064	2.110	2.162
2.800	2.499	2.255	2.070	1.949	1.893	1.946	2.001	2.052	2.103	2.163
2.733	2.450	2.220	2.048	1.938	1.886	1.940	1.996	2.050	2.107	2.172
2.674	2.404	2.189	2.029	1.928	1.880	1.941	1.999	2.056	2.118	2.188
2.619	2.364	2.161	2.012	1.913	1.886	1.948	2.007	2.068	2.134	2.208
2.569	2.326	2.135	1.991	1.904	1.897	1.959	2.020	2.084	2.153	2.231
2.522	2.291	2.107	1.977	1.899	1.910	1.973	2.037	2.103	2.176	2.257
2.477	2.255	2.085	1.968	1.896	1.927	1.991	2.056	2.125	2.200	2.284
2.433	2.225	2.069	1.963	1.894	1.945	2.010	2.077	2.148	2.226	2.312
2.395	2.202	2.058	1.961	1.898	1.965	2.031	2.100	2.173	2.253	2.340

Critical slip circle

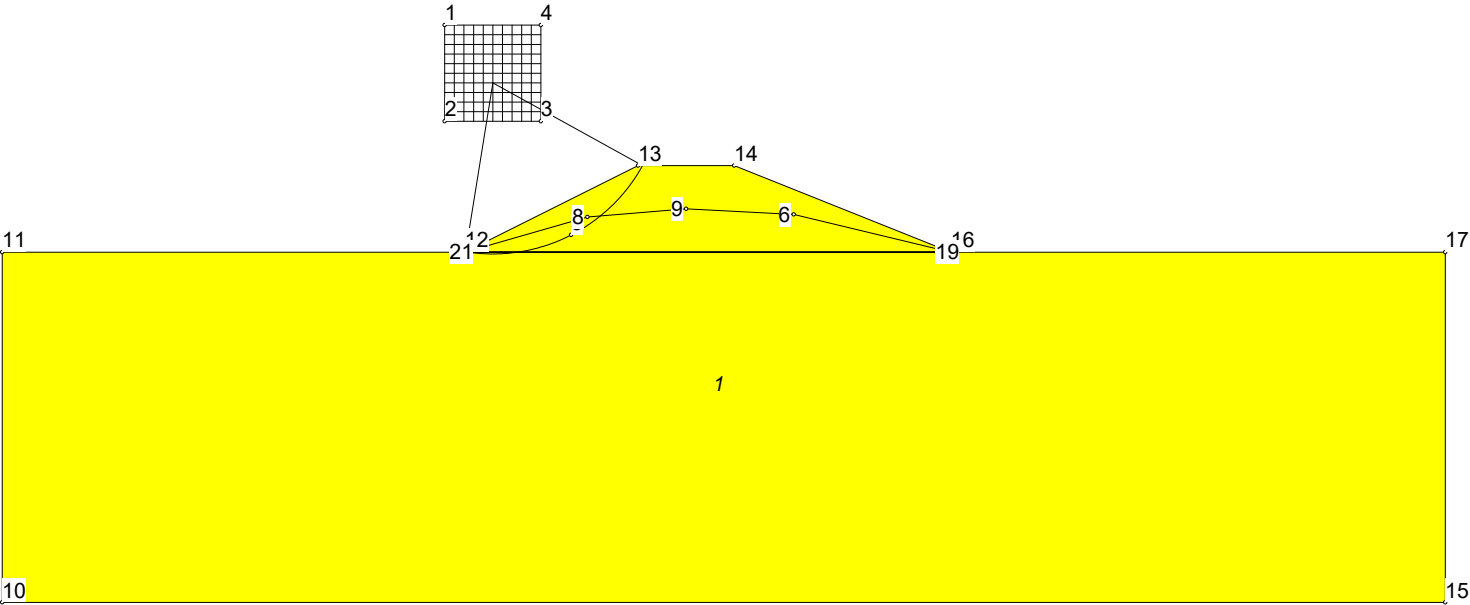
Center: x = 25.500, y = 27.000, Radius: 8.893, F = 1.880

Hipótesis 4. Final de construcción.

General Data

Licensed User : ción.stb
File Name : Balsa 1 final construcción.stb
Problem Name : New Problem
Number of Slices : 1000
Relative Horizontal Force: 0.000000
Number of Nodes : 21
Number of Soil Polygons : 1

Figure with critical slip circle



F = 1.798

Input Data

Coordinates of Nodes

Node	x	y
1	23.000	30.000
2	23.000	25.000
3	28.000	25.000
4	28.000	30.000
5	29.573	19.095
6	41.140	20.160
7	49.300	18.200
8	30.420	20.032
9	35.550	20.450
10	0.000	0.000
11	0.000	18.200
12	24.050	18.200
13	33.050	22.700
14	38.050	22.700
15	75.000	0.000
16	49.300	18.200
17	75.000	18.200
18	24.050	18.200
19	49.300	18.200
20	24.050	18.200
21	24.050	18.200

Structure of Polygons

Window of centers of slip circles
Nodes 1 2 3 4
Fixed point of all slip circles
Node 5
Water Polygon
Nodes 6 7 21 20 19 18 8 9
Soil Polygons
1 : Nodes 10 11 12 13 14 16 17 15

Hipótesis 4. Final de construcción.

Properties of Soils

Soil	Wd kN/m³	Ws kN/m³	Ko --	c kN/m²	phi degrees	P/F	p=0 m	cap m
1	16.900	19.400	1.000	5.325	29.790	P		0.000

Output Data

Safety Factors

2.860	2.527	2.249	2.031	1.882	1.808	1.841	1.927	2.001	2.059	2.124
2.779	2.464	2.203	2.002	1.869	1.805	1.850	1.926	1.985	2.048	2.122
2.707	2.408	2.164	1.979	1.859	1.803	1.857	1.919	1.981	2.050	2.131
2.641	2.359	2.131	1.960	1.851	1.800	1.858	1.921	1.987	2.061	2.148
2.583	2.315	2.102	1.944	1.844	1.798	1.864	1.929	1.999	2.078	2.172
2.529	2.277	2.076	1.929	1.833	1.809	1.875	1.943	2.017	2.101	2.199
2.482	2.242	2.053	1.912	1.827	1.823	1.891	1.962	2.039	2.127	2.229
2.437	2.209	2.028	1.901	1.825	1.840	1.910	1.983	2.064	2.155	2.262
2.394	2.176	2.009	1.895	1.825	1.860	1.931	2.007	2.091	2.186	2.295
2.353	2.149	1.995	1.892	1.827	1.882	1.955	2.034	2.120	2.218	2.330
2.318	2.128	1.987	1.893	1.834	1.905	1.980	2.061	2.151	2.252	2.367

Critical slip circle

Center: x = 25.500, y = 27.000, Radius: 8.893, F = 1.798

8. BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES CONSULTADAS

- UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR BUREAU OF RECLAMATION (1966). Proyecto de Presas Pequeñas.
- MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS (1967). Instrucción para el proyecto, construcción y explotación de grandes presas. Serv. Publicaciones del Ministerio de Obras Públicas. Madrid.
- MINISTERIO DE FOMENTO (1990). Instrucción de Carreteras. Norma 5.2-IC “Drenaje Superficial”. Serv. Publicaciones Ministerio de Fomento.
- AMIGÓ RODRIGUEZ, E., AGUIAR GONZÁLEZ, E., (1994). Manual para el diseño, construcción y explotación de embalses con geomembranas”. Consejería de Agricultura y Alimentación, gobierno de Canarias.
- MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES Y MEDIOAMBIENTE (2002). Norma de Construcción Sismorresistente: Parte General y Edificación. (NCSR-02). Serv. Publicaciones MOPT-MA. Madrid.
- DAL-RÉ TENREIRO, R., (2003). Pequeños embalses de uso agrícola. Edición Mundi-Prensa, Madrid.
- DE LOS SANTOS ALFONSO, R., (2004). Consideraciones generales aplicables a la construcción de balsas. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Colección Seinor.
- MINISTERIO DE FOMENTO, MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO (2010). Manual para el diseño, construcción, explotación y mantenimiento de balsas. 1ª Edición: CNEGP.

ANEJO VI

PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN DE BALSA DE ALMACENAMIENTO DE AGUA

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	4
1.1. Normativa de aplicación	5
2. CARACTERÍSTICAS DEL APROVECHAMIENTO.....	6
2.1. Características generales de la balsa	7
3. CARACTERÍSTICAS DEL CAUCE AGUAS ABAJO	7
4. METODOLOGÍA Y DATOS BÁSICOS DEL ANÁLISIS	8
4.1. Metodología General de Análisis Aplicada	8
4.2. Topografía y Cartografía del Análisis	9
4.3. Rugosidad	10
4.4. Características Básicas del Análisis.....	10
4.4.1. Dimensiones de la brecha y tiempo de rotura	10
4.5. Longitud del cauce analizado.	11
5. RESULTADOS DEL ANÁLISIS	11
5.1. Hidrograma	13
5.2. Velocidad	14
5.3. Cota aguas arriba y aguas abajo.....	15
6. ESTUDIO DE LAS POSIBLES AFECCIONES	16
6.1. Afección N° 1: Casetas agrícolas	16
6.1.1. Resultados.....	17
6.2. Afección N° 2: Vivienda aislada.....	19
6.2.1. Resultados.....	21
6.3. Afección N° 3: Camino de tierra.....	23
6.3.1. Resultados.....	24
6.4. Afección N° 4: Canal del Bajo Guadalquivir.....	27
6.4.1. Resultados.....	28

6.5.	Afección N° 5: Camino asfaltado	30
6.5.1.	<i>Resultados</i>	32
7.	RESUMEN RESULTADOS.....	33
8.	PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN	34
8.1.	Criterios para la definición de categorías	34
8.2.	Clasificación	36
9.	BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES CONSULTADAS.....	39

1. INTRODUCCIÓN

La Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones, aprobada por acuerdo del Consejo de Ministros el 9 de diciembre de 1.994 y publicada en el Boletín Oficial del Estado con fecha 14 de febrero de 1.995, establece en su artículo 3.5.1.3 la obligatoriedad de que las presas o embalses se clasifiquen en categorías en función del riesgo potencial que pueda derivarse de su rotura o funcionamiento incorrecto. Así mismo, se establecen en ella los criterios fundamentales de clasificación, el procedimiento a seguir y determinadas obligaciones que, para los titulares de presas, se derivan de la categoría asignada.

En la Orden Ministerial de 12 de marzo de 1.996, por la que se aprueba el “Reglamento Técnico sobre Seguridad de Presas y Embalses”, publicada en el Boletín Oficial del Estado de fecha 30 de marzo de 1.996, se establece en su artículo quinto que los titulares o concesionarios de todas las presas en servicio, independientemente de su titularidad dentro del ámbito de competencias del Estado, deben presentar a la Dirección General de Obras Hidráulicas y calidad de Aguas, en el plazo de un año desde la entrada en vigor de la Orden, la propuesta razonada de clasificación frente al riesgo en los términos previstos por la Directriz Básica y el Reglamento Técnico, debiendo resolver la Dirección General en un plazo máximo de 1 año.

Recientemente y a través del Real Decreto 9/2008, de 11 de enero, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, quedan incluidas en el ámbito de aplicación de la seguridad de presas, embalses y balsas, además de todas las consideradas como gran presa, aquellas presas y balsas de altura superior a 5 metros o de capacidad de embalse mayor de 100.000 m³, de titularidad privada o pública, existentes, en construcción o que se vayan a construir, estando obligados a solicitar su clasificación y registro.

En función de lo anteriormente expuesto y, según las características de la balsa proyectada, detalladas en el *Anejo. V. “Cálculo de la balsa y estabilidad de taludes”*, se determina que **no es obligatoria la realización de una propuesta de clasificación**. No obstante, ésta se va a realizar con el fin de asegurar la no afección de las infraestructuras

más próximas y que no se producirán daños materiales ni humanos con la rotura de la balsa, quedando así del lado de la seguridad.

De este modo, se redacta la presente propuesta para la clasificación de la balsa de almacenamiento de agua de la finca “Las Mercedes”, en el término municipal de Palma del Río (Córdoba). El objeto será justificar la propuesta de clasificación en función del riesgo potencial de rotura.

En el *Anejo. V. “Cálculo de balsa y estabilidad de taludes”* del presente proyecto, quedan perfectamente definidas las características de la balsa de almacenamiento de agua (situación, características geométricas, estudio geotécnico y estabilidad de taludes). Por tanto, en la presente propuesta se va a desarrollar únicamente la clasificación de la balsa en función del riesgo potencial.

1.1. Normativa de aplicación

Como normativa de aplicación se ha de mencionar:

- Protección civil: Ley 2/85 de 21 de Enero y R.D. 6/18 de 24 Abril así como la Resolución de 31 de Enero de 1995 de la Secretaría de Estado del Interior disponiendo publicación de acuerdo de Consejo de Ministros de 9 de Diciembre de 1994 por el que se aprueba la Directriz Básica de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones.
- Presas:
 - Orden del Ministerio de Obras Públicas de 31 de Marzo de 1967 por la que se aprueba la Instrucción para el Proyecto, construcción y explotación de Grandes Presas.
 - Orden del Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente de 12 de Marzo de 1996 por el que se aprueba el Reglamento Técnico sobre Seguridad de Presas y Embalses.

- Real Decreto 9/2008, de 11 de enero, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril.
- “Guía Técnica para la Clasificación de Presas en función del Riesgo Potencial” de la Dirección General de Obras Hidráulicas del Ministerio de Medio Ambiente (Ref. Cronológica 11/96).

2. CARACTERÍSTICAS DEL APROVECHAMIENTO

La presente propuesta de clasificación se realizará para la balsa de almacenamiento de agua situada en la finca “Las Mercedes”, en el término municipal de Palma del Río (Córdoba).

Su emplazamiento se puede localizar, más concretamente, en las hojas 942-24 y 964-21 del Mapa Topográfico de Andalucía a escala 1/10.000. Las coordenadas UTM (Huso 30 ETRS89) del centro geográfico de la balsa se indican a continuación:

- $X = 291.134,58$
- $Y = 4.170.696,63$

Para el almacenamiento del agua para riego procedente del pozo, se dispone de una balsa de las siguientes características (Tabla 1):

Tabla 1. Características constructivas.

Parámetros constructivos	Balsa proyectada
Talud interior	2,5:1
Talud exterior	2:1
Anchura de coronación (m)	5
Cota solera de fondo (m)	56,10
Cota de coronación (m)	60,60
Altura máxima talud exterior (m)	4,50
Cota del rebosadero (m)	59,85

Parámetros constructivos	Balsa proyectada
Altura útil de agua (m)	3,75
Volumen hasta aliviadero (m ³)	40.595
Superficie ocupada (m ²)	20.175
Resguardo (m)	0,75
Longitud total coronación (m)	581
Caudal desagüe aliviadero (l/s)	68,12
Tipo de balsa	Materiales sueltos homogénea
Aliviadero	Vertedero formado por canal de hormigón armado de 1,5 x 0,5

Fuente: Elaboración propia.

2.1. Características generales de la balsa

La balsa objeto del presente estudio presenta una sección formada por materiales sueltos. Se va a estudiar la rotura del dique norte, por ser el más desfavorable, cuyas características son las siguientes:

- Cota del cauce natural al pie del dique: 56,1 m.
- Altura máxima del dique sobre cimientos: 4,5 m.

El uso principal de la balsa será funcionar como almacén de agua necesaria para el riego del olivar de las parcelas pertenecientes a la finca “Las Mercedes”.

La aportación de agua a la balsa se realiza a partir de un bombeo situado en el pozo de la finca.

3. CARACTERÍSTICAS DEL CAUCE AGUAS ABAJO

Con objeto de la caracterización del cauce aguas abajo de la balsa, se realizó una visita por el mismo, recogiendo la información pertinente acerca de los elementos con posible riesgo de afección.

La posible zona de afección aguas abajo de la balsa por su punto de rotura en el dique norte, es tierra dedicada al cultivo de olivar, pastos y cítricos, como puede observarse en el plano N° 5.1, a escala 1:5.000 (*Planta de posibles afecciones*) y en el plano N° 5.2 (hojas 1, 2 y 3) a escala 1:3.000 (*Planta de inundación*).

Las posibles afecciones estudiadas a lo largo de este cauce son las siguientes (Tabla 2):

Tabla 2. Posibles afecciones.

Nº AFECCIÓN	TIPO	DENOMINACIÓN	Coordenada X UTM ETRS89 Huso 30	Coordenada Y UTM ETRS89 Huso 30
1	M	Casetas agrícolas	291.050	4.170.839
2	P	Vivienda aislada	290.638	4.171.822
3	M	Camino de tierra	289.969	4.171.698
4	M	Canal del Bajo Guadalquivir	289.458	4.171.643
5	M	Camino asfaltado	289.131	4.171.490

Fuente: Elaboración propia.

(*) M, Daño material.

(*) P, Población en riesgo.

4. METODOLOGÍA Y DATOS BÁSICOS DEL ANÁLISIS

4.1. Metodología General de Análisis Aplicada

Como se ha comentado anteriormente, la metodología general de aplicación en el proceso de clasificación de presas se expone en la Guía Técnica para Clasificación de Presas en Función del Riesgo Potencial redactada por la Dirección General de Obras Hidráulicas y de la Calidad de las Aguas del Ministerio de Medio Ambiente. Esta Guía facilita la aplicación tanto de la Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el riesgo de inundaciones (aprobada por Acuerdo del Consejo de Ministros del día 9 de Diciembre de 1994), como del Reglamento Técnico sobre Seguridad de presas y embalses (aprobado por Orden Ministerial de 12 de Marzo de 1996).

Según se establece en el apartado 4 del capítulo III de la citada Guía, la metodología general se basa en el análisis de los efectos aguas abajo de tres situaciones distintas:

- Rotura de la presa sin coincidencia con avenida alguna.
- Rotura de la presa coincidente con la avenida máxima considerada.
- Avenida máxima considerada, supuesta la no rotura de la presa.

En este caso, como se trata de una balsa que conforma un depósito que sólo puede llenarse mediante la captación de agua, no puede esperarse avenida alguna, por lo que la segunda y tercera hipótesis carecen de sentido en este caso. Se ha analizado, por tanto, únicamente la hipótesis de rotura sin avenida.

Según se establece en el apartado 4 del capítulo III de la citada Guía, la metodología general se basa en el análisis de los efectos aguas abajo de la rotura del dique de la balsa estudiada sin avenida, con la lámina de agua situada en coronación, para estar del lado de la seguridad, considerando ésta la situación más desfavorable, aunque improbable.

Se ha utilizado el software informático HEC-RAS bidimensional, versión 5.0.5, para el cálculo dinámico de la rotura y su circulación a lo largo del cauce aguas abajo de la balsa. HEC-RAS es un modelo matemático desarrollado por el cuerpo de Ingenieros del ejército americano, que permite simular el desplazamiento bidimensional de un flujo hidráulico, permitiendo además simular la rotura de presas y balsas.

4.2. Topografía y Cartografía del Análisis

La topografía del cauce aguas abajo de la balsa se ha obtenido a partir de un Modelo Digital del Terreno del Instituto Geográfico Nacional (IGN), con un paso de malla de 5 m y curvas de nivel cada metro, junto con apoyo de campo mediante observación y medida de diversos puntos a lo largo del cauce por donde discurrirá la onda de rotura.

4.3. Rugosidad

Se adopta como coeficiente de rozamiento “ n ” de Manning un valor de 0,04. Este valor se ha obtenido de los cuadros y tablas del libro “*Hidráulica de los canales abiertos*” de Ven The Chow y de la observación visual del cauce realizada en visita de campo.

4.4. Características Básicas del Análisis

4.4.1. Dimensiones de la brecha y tiempo de rotura

En las presas o balsas de materiales sueltos, la rotura es progresiva en el tiempo y con evolución, desde formas geométricas iniciales hasta la práctica totalidad de la presa. Se empleará el modelo de la progresión lineal, adoptándose los siguientes modos de rotura y parámetros:

- Tiempo de rotura (Ec. 1):

$$T(h) = \frac{4,8 \cdot V^{0,5}}{h} \quad \text{Ec. 1}$$

Donde:

- V , Volumen almacenado por la parte terraplenada hasta coronación en (Hm^3).
- h , Menor valor entre altura de la brecha hasta la cota a pie de talud o la profundidad interior de la balsa (m).

- Forma de rotura: Trapecial

- Ancho medio de la brecha (Ec. 2):

$$b(m) = 20 \cdot (V \cdot h)^{0,25} \quad \text{Ec. 2}$$

Donde:

- V , Volumen almacenado por la parte terraplenada hasta coronación (Hm^3).

- h , Menor valor entre altura de la brecha hasta la cota a pie de talud o la profundidad interior de la balsa (m).
- Taludes en la brecha 1 : 1 (H:V)
- Ancho inferior: $b - h$ (m)

El ancho que debe emplearse en el cálculo es el ancho de la base o inferior. En la siguiente tabla (Tabla 3) se recogen los valores de estos parámetros:

Tabla 3. Parámetros de cálculo.

Volumen derramado: V (hm³)	0,051
Altura de la brecha: h (m)	4,5
Tiempo de rotura: T (h)	0,24
Ancho medio de la brecha: b (m)	13,84
Ancho inferior: b-h (m)	9,34

Fuente: Elaboración propia.

4.5. Longitud del cauce analizado.

Se ha analizado el cauce comprendido entre la balsa y la Madre Vieja del Guadalquivir, a lo largo del cauce del arroyo Madre de Fuentes.

5. RESULTADOS DEL ANÁLISIS

Las afecciones y daños potenciales serán función de las variables hidráulicas obtenidas con la modelación hidráulica de la propagación de la onda de rotura teniendo que evaluar, en general, los efectos del calado y la velocidad. Para ello se emplearán, como ayuda al juicio ingenieril, relaciones empíricas entre productos del calado y la velocidad y afecciones, o curvas como las mostradas en las Figuras 1 y 2, en las que se indican los límites de afección a vidas, en núcleos urbanos y viviendas o en campo abierto, según los valores de los calados y velocidades.

En estas figuras se divide el plano calado-velocidad, entendida esta como velocidad media, en tres zonas que corresponden a las situaciones de no afección, afección y a un área intermedia de indefinición, en la que la valoración de la afección es función del caso concreto, a evaluar por aplicación del juicio ingenieril.

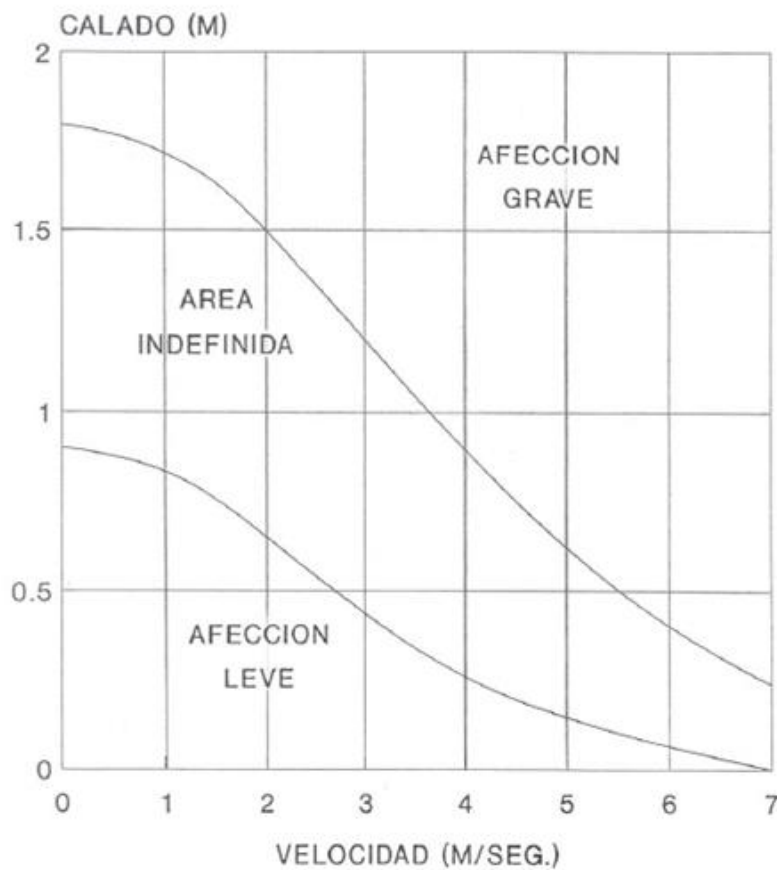


Figura 1. Límites de afección a vidas en núcleos urbanos y viviendas.

Fuente: Guía Técnica para la Clasificación de Presas en función del Riesgo Potencial.

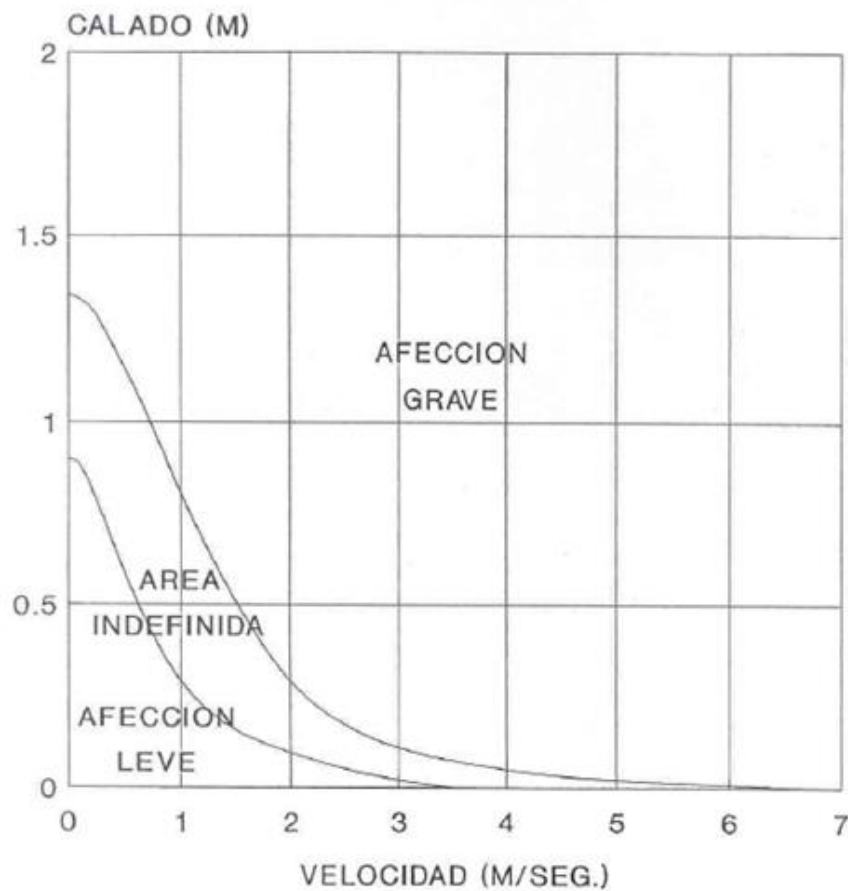


Figura 2. Límites de afección a vidas en campo abierto.

Fuente: Guía Técnica para la Clasificación de Presas en función del Riesgo Potencial.

A continuación, se expone un resumen de los datos obtenidos en la simulación de la rotura de la balsa.

5.1. Hidrograma

Se provoca la rotura de la balsa con el agua a la cota 60,6 m. Esta rotura provoca el siguiente hidrograma (Gráfico 1):

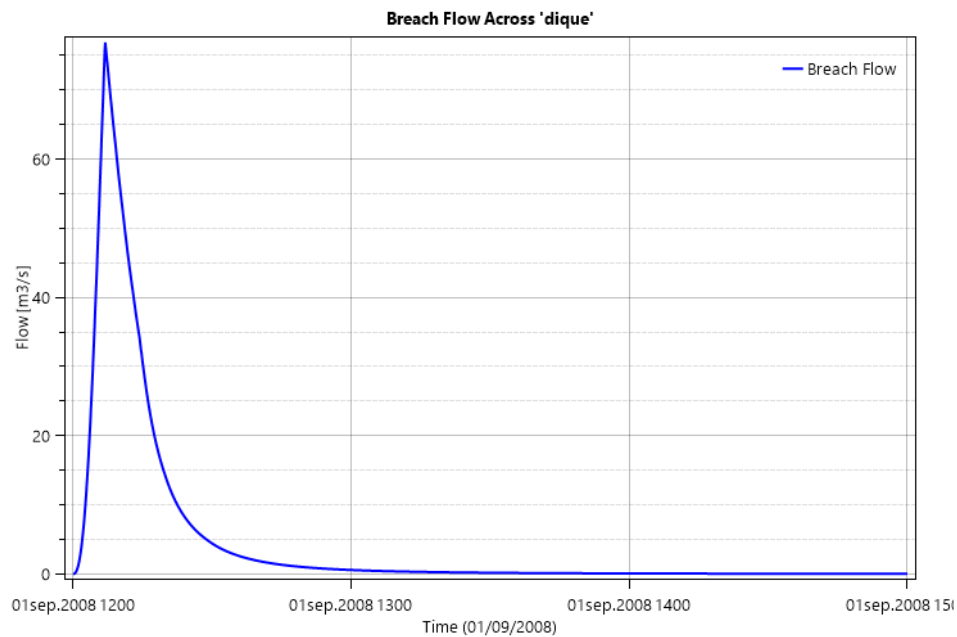


Gráfico 1. Hidrograma de rotura.

Fuente: Elaboración propia mediante simulación en HEC-RAS 5.0.5.

5.2. Velocidad

La velocidad a través de la brecha de rotura del dique es la siguiente (Gráfico 2):

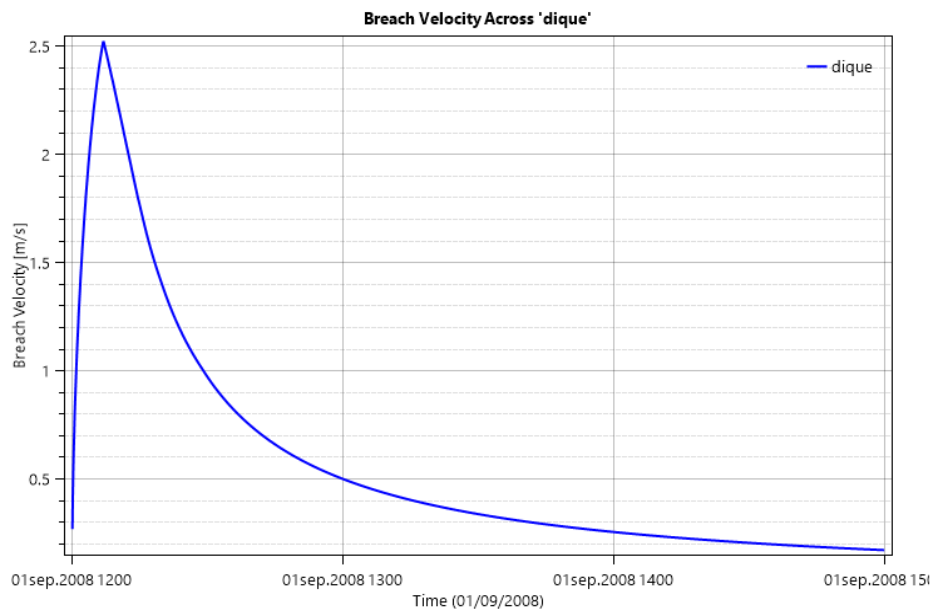


Gráfico 2. Velocidad a través de la brecha de rotura.

Fuente: Elaboración propia mediante simulación en HEC-RAS 5.0.5.

5.3. Cota aguas arriba y aguas abajo

Las cotas que alcanza el agua aguas arriba y aguas abajo del dique durante la rotura se recogen en las siguientes curvas (Gráfico 3):

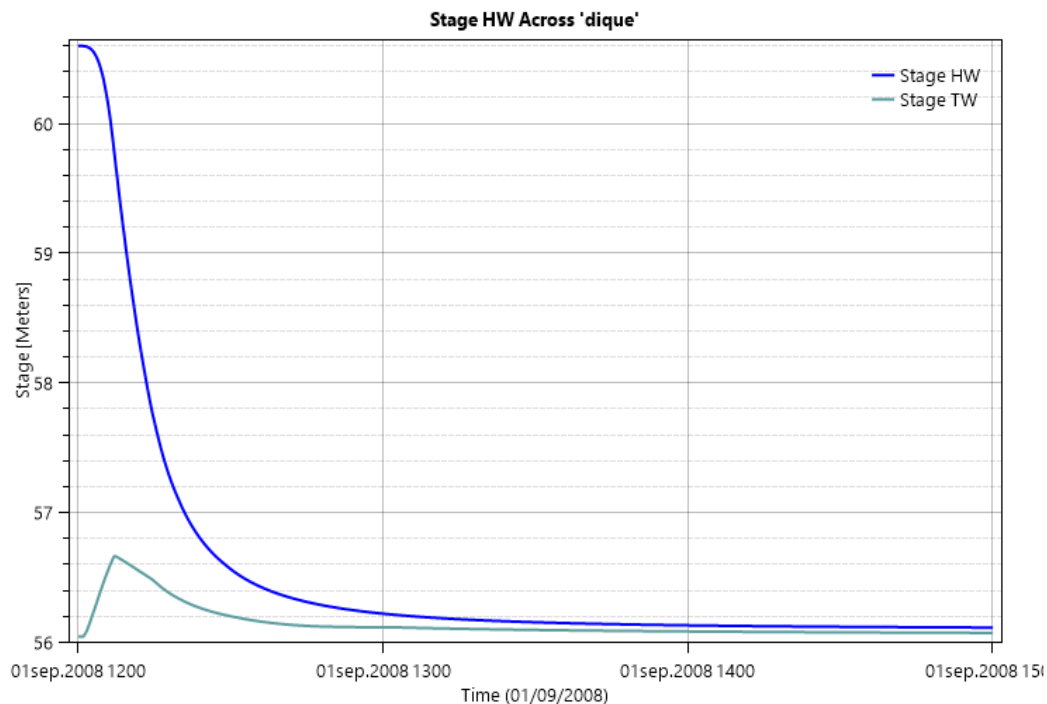


Gráfico 3. Cotas que alcanza el agua: aguas arriba y aguas abajo.

Fuente: Elaboración propia mediante simulación en HEC-RAS 5.0.5.

Los gráficos anteriores ponen de manifiesto que el máximo volumen de agua sale en la primera media hora de rotura, momento en el que también existe mayor velocidad de agua, alcanzando los 2,5 m/s para un caudal de 68 m³/s.

Tras la simulación de la circulación de este hidrograma, mediante el programa HEC-RAS bidimensional, se ha obtenido la zona de inundación que se ha dibujado en el plano N° 5.2 (hojas 1, 2 y 3) (Planta de inundación) a escala 1:3.000. El límite inferior de la llanura de inundación sería la Madre Vieja del Guadalquivir, capaz de absorber la avenida inferior a 4,00 m³/s que llega a ese punto y laminarla, sin que se produzca inundación ni daños aguas abajo del mismo.

6. ESTUDIO DE LAS POSIBLES AFECCIONES

6.1. Afección N° 1: Casetas agrícolas

Esta afección se encuentra justo en la zona norte de la balsa. Se trata de tres casetas destinadas al almacenaje de diversos elementos agrícolas, según se muestra en la Figura 3:



Figura 3. Afección N°1: Casetas agrícolas.

Fuente: Google Maps.

Para estudiar dicha afección, se ha realizado un perfil en la mancha de inundación simulada mediante el software informático HEC-RAS (Figura 4), obteniendo así los valores de flujo, velocidad y calado en la zona de estudio.

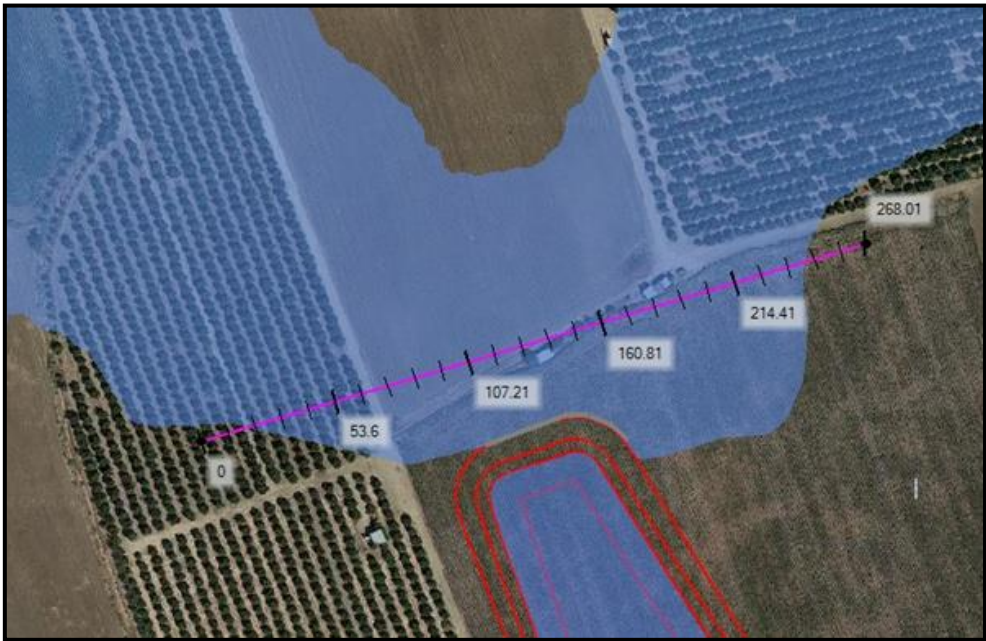


Figura 4. Perfil mancha de inundación Afección N°1: Casetas agrícolas.
Fuente: Elaboración propia mediante software informático HEC-RAS 5.0.5.

6.1.1. Resultados

A continuación, en la Tabla 4, se detallan los resultados de esta posible afección:

Tabla 4. Resultados de cálculo Afección N°1: Casetas agrícolas.

Nº AFECCIÓN	Coordenada X UTM ETRS89 Huso 30	Coordenada Y UTM ETRS89 Huso 30	Descripción	Q _{max} (m³/s)	V _{max} (m/s)	Calado (m)	Grado afección
1	291.050	4.170.839	Casetas agrícolas	72,77	1,66	0,49	Afección leve

Fuente: Elaboración propia.

❖ Hidrograma (Gráfico 4):

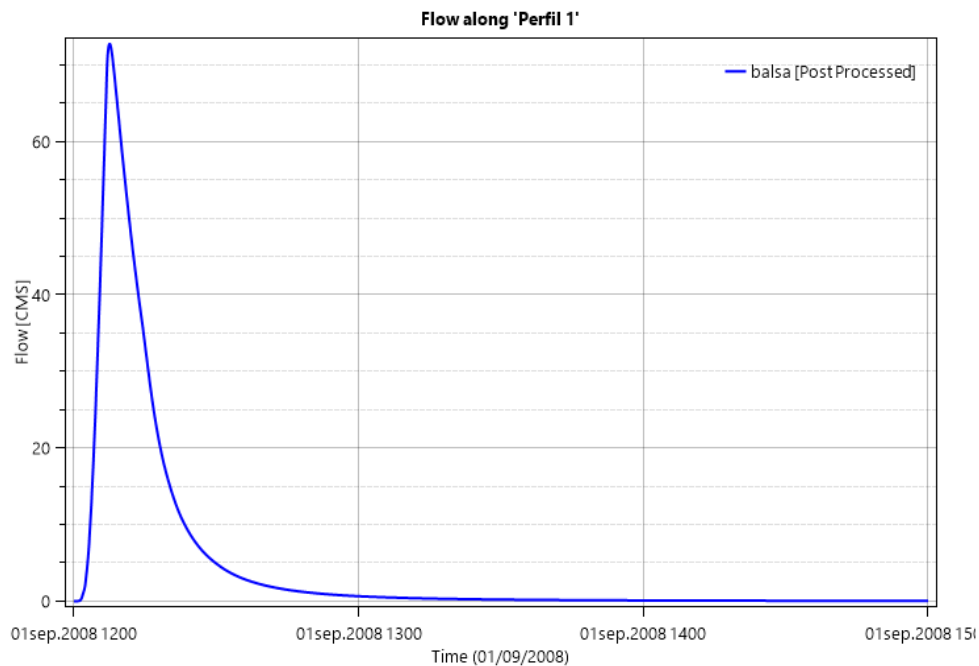


Gráfico 4. Hidrograma. Perfil Afección N°1: Casetas agrícolas.

Fuente: Elaboración propia mediante simulación en HEC-RAS 5.0.5.

❖ Calado (Gráfico 5):

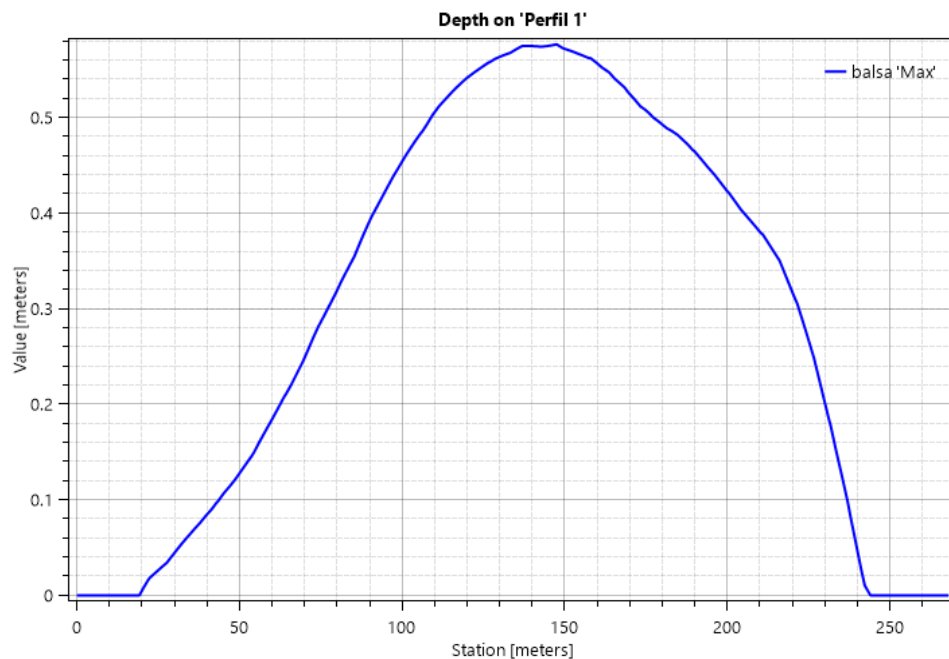


Gráfico 5. Calado del agua. Perfil Afección N°1: Casetas agrícolas.

Fuente: Elaboración propia mediante simulación en HEC-RAS 5.0.5.

❖ Velocidad (Gráfico 6):

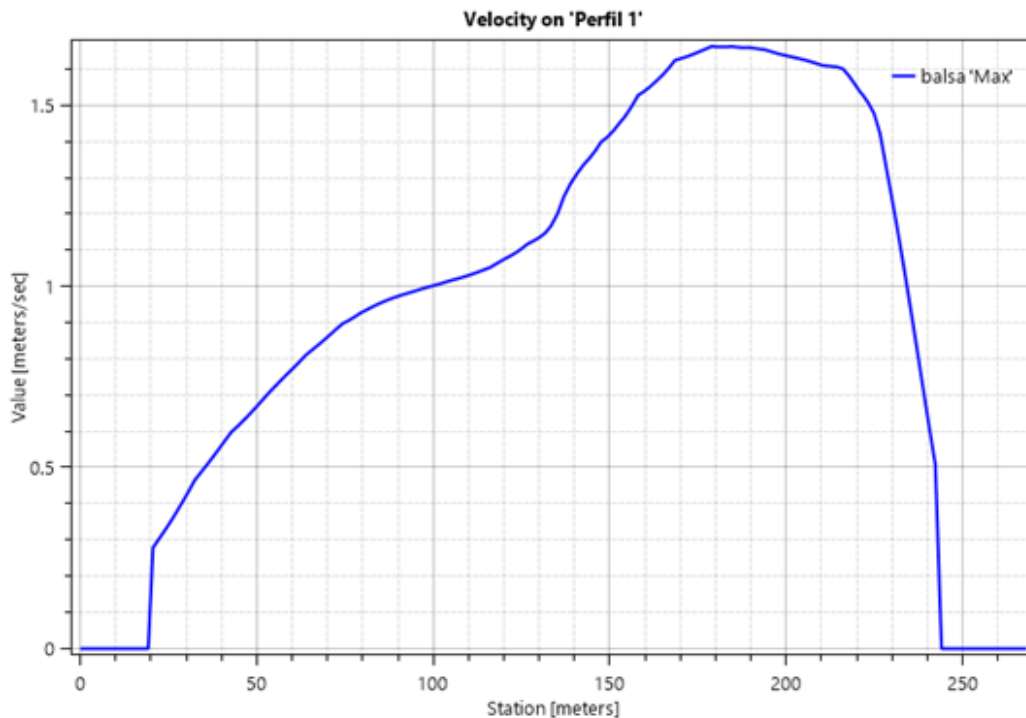


Gráfico 6. Velocidad del agua. Perfil Afección N°1: Casetas agrícolas.

Fuente: Elaboración propia mediante simulación en HEC-RAS 5.0.5.

Como se ha comprobado, la onda de rotura afecta a las casetas agrícolas. Los valores de calado y velocidad en dichos elementos son tales que **se puede calificar esta afección como leve**.

6.2. Afección N° 2: Vivienda aislada

Esta afección se encuentra en la zona norte de la finca, entre el Arroyo “*Madre de Fuentes*” y el municipio “*El Calonge*”. Se trata de una vivienda de uso secundario con piscina, según se muestra en la Figura 5:



Figura 5. Afección N°2: Vivienda aislada.

Fuente: Google Maps.

Para estudiar dicha afección, se ha realizado un perfil en la mancha de inundación simulada mediante el software informático HEC-RAS (Figura 6), obteniendo así los valores de flujo, perfil entre el terreno y el flujo de agua y la velocidad del agua en la zona de estudio.



Figura 6. Perfil mancha de inundación Afección N°2: Vivienda aislada.

Fuente: Elaboración propia mediante software informático HEC-RAS 5.0.5.

6.2.1. Resultados

A continuación, en la Tabla 5, se detallan los resultados de esta posible afección:

Tabla 5. Resultados de cálculo Afección N°2: Vivienda aislada.

Nº AFECCIÓN	Coordenada X UTM ETRS89 Huso 30	Coordenada Y UTM ETRS89 Huso 30	Descripción	Q_{\max} (m³/s)	V_{\max} (m/s)	Calado (m)	Grado afección
2	290.638	4.171.822	Vivienda aislada	29,19	1,02	0,47	Sin afección

Fuente: Elaboración propia.

❖ Hidrograma (Gráfico 7):

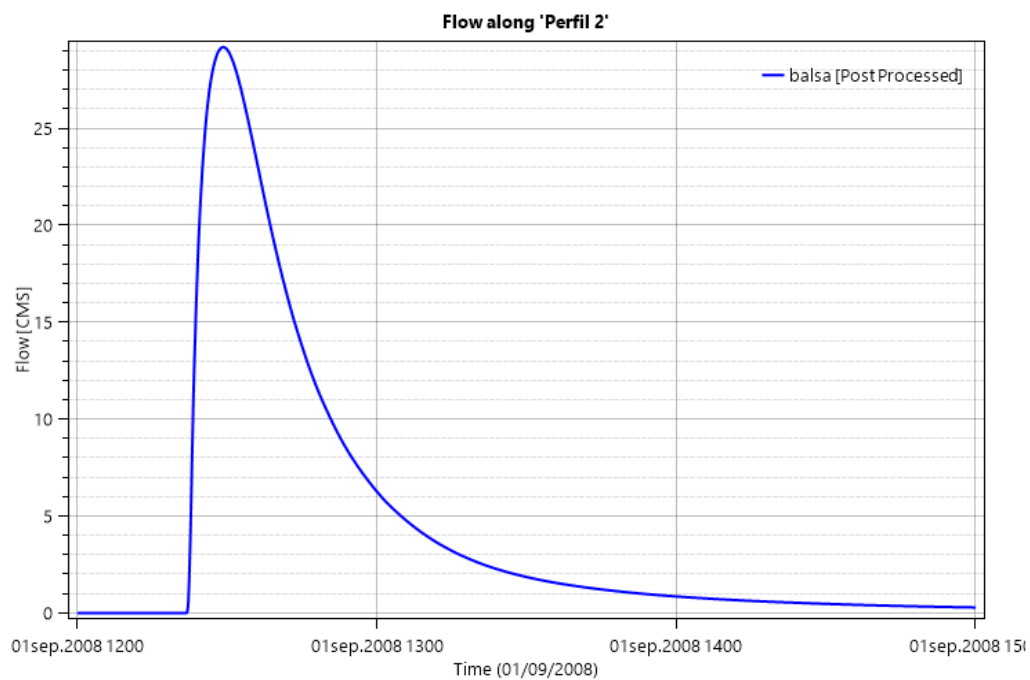


Gráfico 7. Hidrograma. Perfil Afección N°2: Vivienda aislada.

Fuente: Elaboración propia mediante simulación en HEC-RAS 5.0.5.

❖ Perfil flujo de agua-terreno (Gráfico 8):

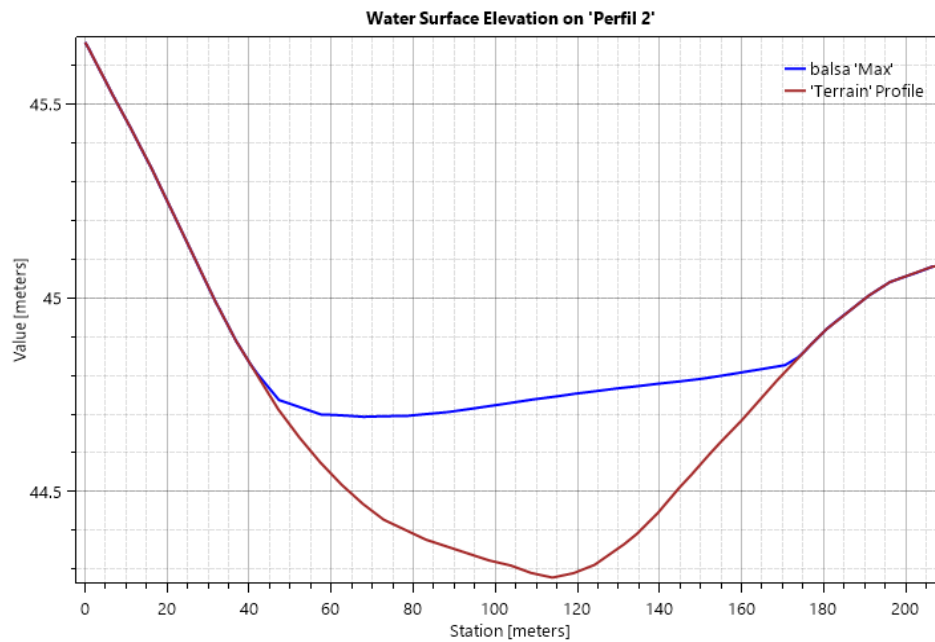


Gráfico 8. Perfil flujo de agua-terreno. Perfil Afección N°2: Vivienda aislada.

Fuente: Elaboración propia mediante simulación en HEC-RAS 5.0.5.

❖ Velocidad (Gráfico 9):

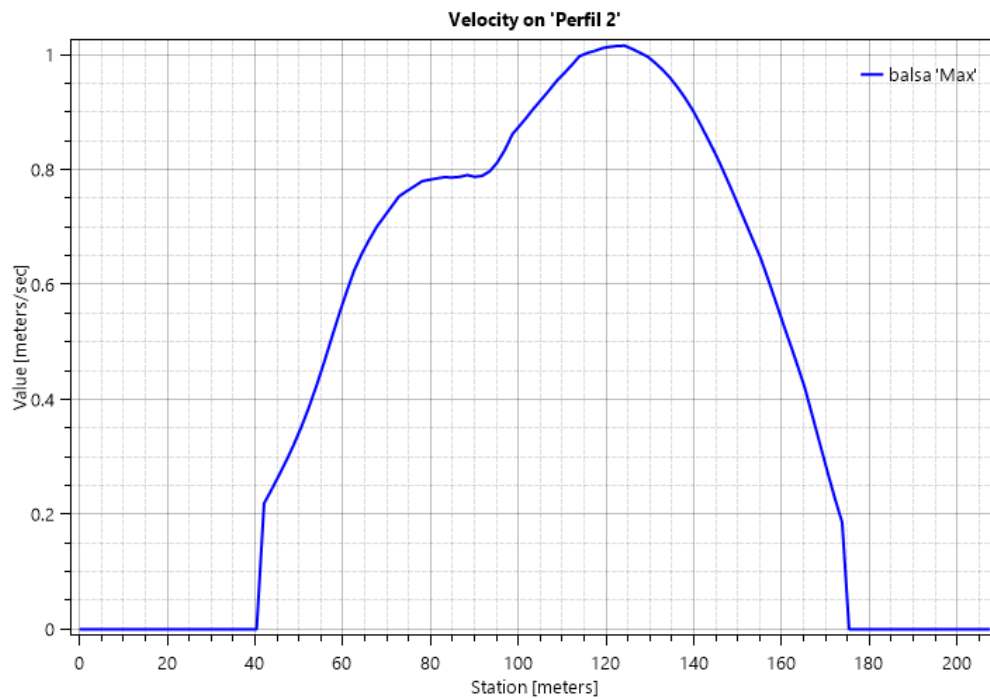


Gráfico 9. Velocidad del agua. Perfil Afección N°2: Vivienda aislada.

Fuente: Elaboración propia mediante simulación en HEC-RAS 5.0.5.

Como se ha comprobado, la onda de rotura no afecta a la vivienda, ya que la cota del agua se queda por debajo de la cota a la que se encuentra aquella. Por tanto, **no hay afección**.

6.3. Afección N° 3: Camino de tierra

Esta afección se encuentra siguiendo el cauce del Arroyo “*Madre de Fuentes*” en dirección hacia el canal. Se trata de un camino de tierra, según se muestra en la Figura 7:



Figura 7. Afección N°3: Camino de tierra.

Fuente: Google Maps.

Para estudiar dicha afección, se ha observado la mancha de inundación simulada mediante el software informático HEC-RAS (Figura 8), obteniendo así los valores de flujo, cotas del agua (aguas arriba y aguas y abajo), el perfil entre la lámina de agua y el terreno y la velocidad en la zona de estudio. El paso bajo el camino está formado por un tubo de hormigón de 80 cm de diámetro. La plataforma del camino está a la cota 42 m.



Figura 8. Mancha de inundación Afección N° 3: Camino de tierra.

Fuente: Elaboración propia mediante software informático HEC-RAS 5.0.5.

6.3.1. Resultados

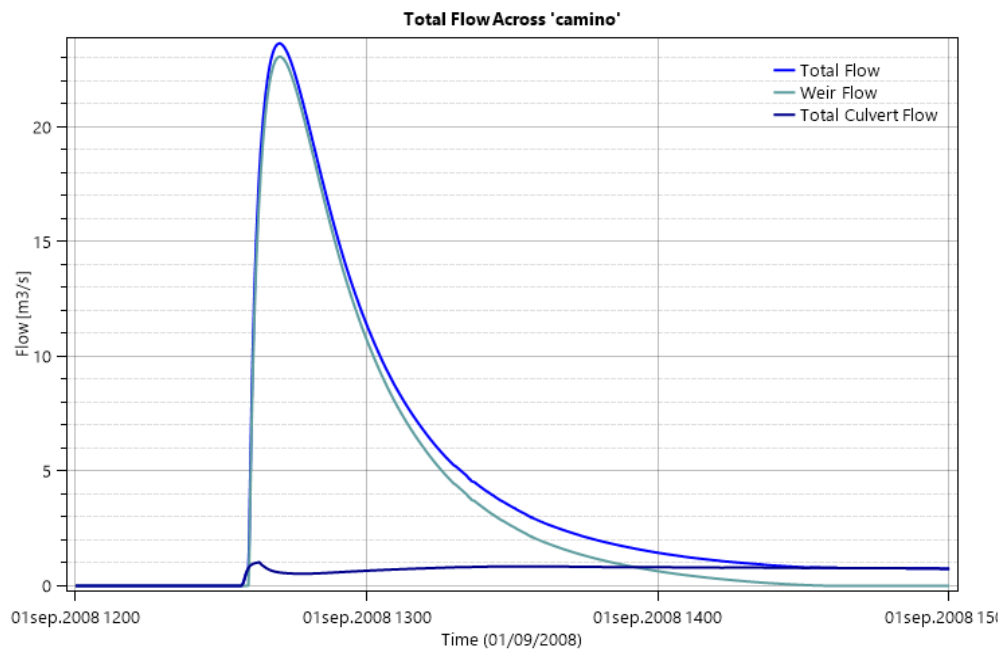
A continuación, en la Tabla 6, se detallan los resultados de esta posible afección:

Tabla 6. Resultados de cálculo Afección N°3: Camino de tierra.

Nº AFECCIÓN	Coordenada X UTM ETRS89 Huso 30	Coordenada Y UTM ETRS89 Huso 30	Descripción	Q _{max} (m³/s)	V _{max} (m/s)	Calado (m)	Grado afección
3	289.969	4.171.698	Camino de tierra	23,65	1,18	0,25	Afección leve

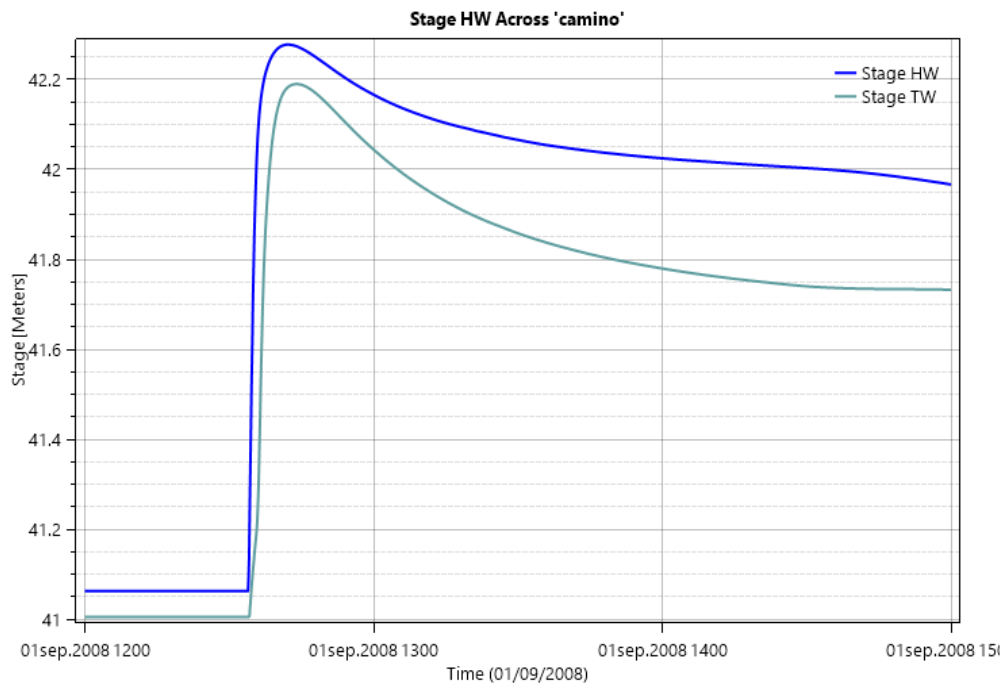
Fuente: Elaboración propia.

❖ Hidrograma (Gráfico 10):



Fuente: Elaboración propia mediante simulación en HEC-RAS 5.0.5.

❖ Cotas aguas arriba y aguas abajo (Gráfico 11):



Fuente: Elaboración propia mediante simulación en HEC-RAS 5.0.5.

❖ Perfil flujo de agua-camino (Gráfico 12):

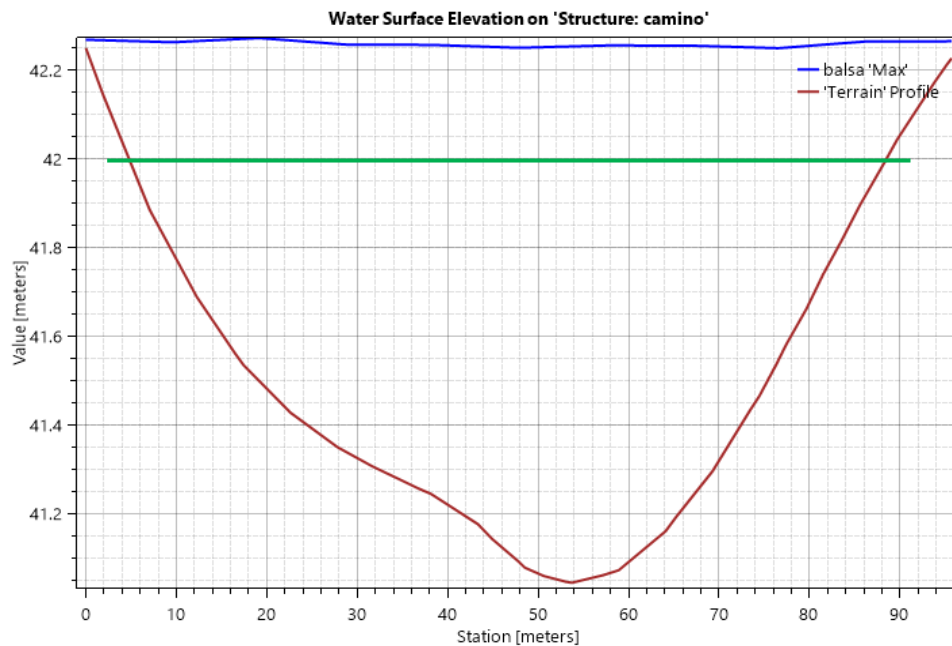


Gráfico 12. Perfil flujo de agua-terreno. Afección N°3: Camino de tierra.

Fuente: Elaboración propia mediante simulación en HEC-RAS 5.0.5.

❖ Velocidad (Gráfico 13):

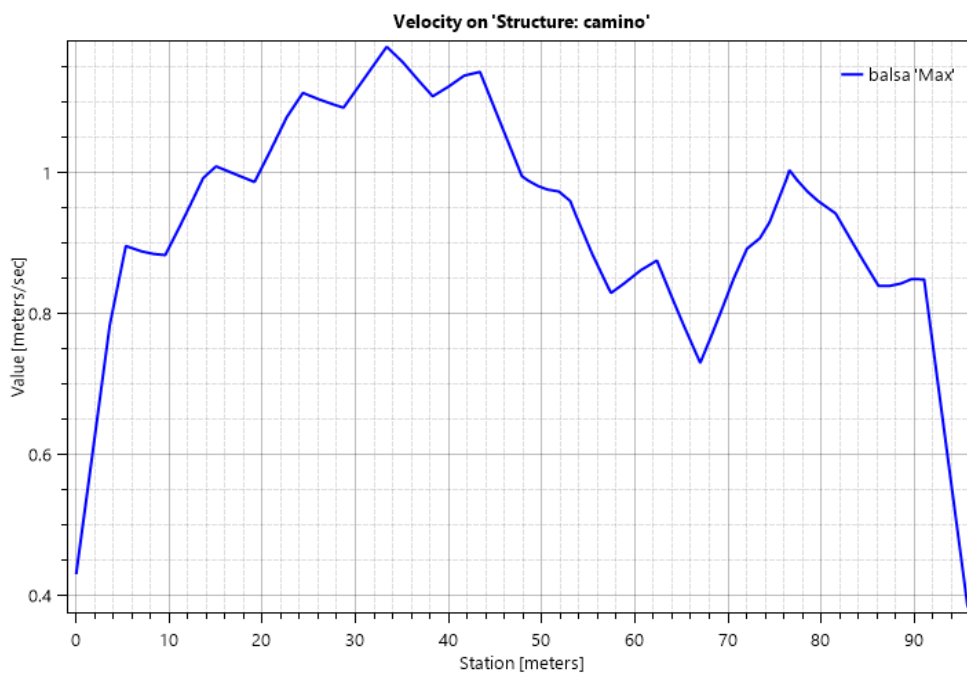


Gráfico 13. Velocidad del agua. Afección N° 3: Camino de tierra.

Fuente: Elaboración propia mediante simulación en HEC-RAS 5.0.5.

Como se ha comprobado, la onda de rotura sobrepasa la plataforma del camino, ya que el tubo de hormigón no es capaz de desaguar el caudal de avenida. Los valores de calado y velocidad en dichos elementos son tales que **se puede calificar esta afección como leve.**

6.4. Afección N° 4: Canal del Bajo Guadalquivir

Esta afección se encuentra al norte de la finca “Las Mercedes”. Se trata del Canal del Bajo Guadalquivir, según se muestra en la Figura 9:



Figura 9. Afección N° 4: Canal del Bajo Guadalquivir.

Fuente: Google Maps.

Para estudiar dicha afección, se ha realizado un perfil en la mancha de inundación simulada mediante el software informático HEC-RAS (Figura 10), obteniendo así los valores de flujo, velocidad y calado en la zona de estudio.



Figura 10. Perfil mancha de inundación Afección N° 4: Canal del Bajo Guadalquivir.

Fuente: Elaboración propia mediante software informático HEC-RAS 5.0.5.

6.4.1. Resultados

A continuación, en la Tabla 7, se detallan los resultados de esta posible afección:

Tabla 7. Resultados de cálculo Afección N°4: Canal del Bajo Guadalquivir.

Nº AFECCIÓN	Coordenada X UTM ETRS89 Huso 30	Coordenada Y UTM ETRS89 Huso 30	Descripción	Q _{max} (m³/s)	V _{max} (m/s)	Calado (m)	Grado afección
4	289.458	4.171.643	Canal del Bajo Guadalquivir	16,21	0,69	0,80	Sin afección

Fuente: Elaboración propia.

❖ Hidrograma (Gráfico 14):

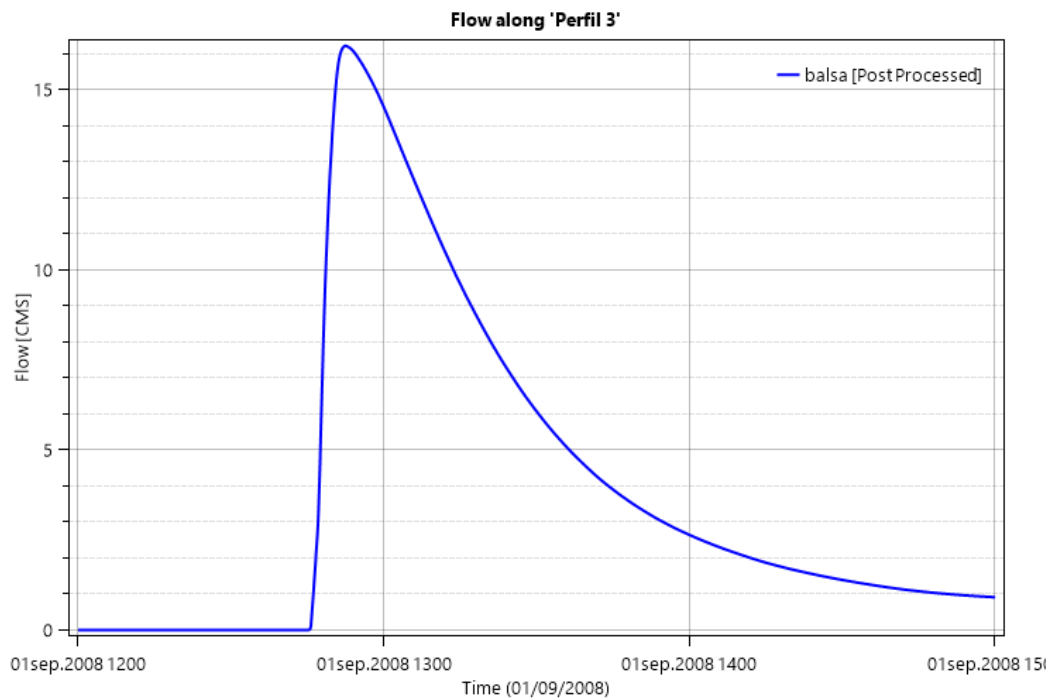


Gráfico 14. Hidrograma. Perfil Afección N°4: Canal del Bajo Guadalquivir.

Fuente: Elaboración propia mediante simulación en HEC-RAS 5.0.5.

❖ Cotas aguas arriba y aguas abajo (Gráfico 15):

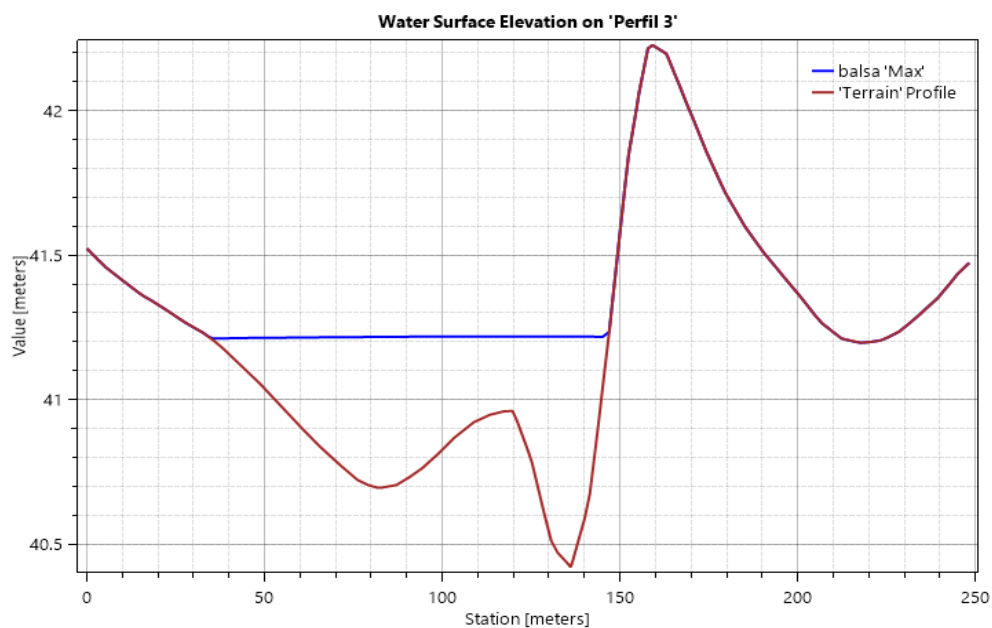


Gráfico 15. Cotas aguas arriba y aguas abajo. Perfil Afección N°4: Canal del Bajo Guadalquivir.

Fuente: Elaboración propia mediante simulación en HEC-RAS 5.0.5.

❖ Velocidad (Gráfico 16):

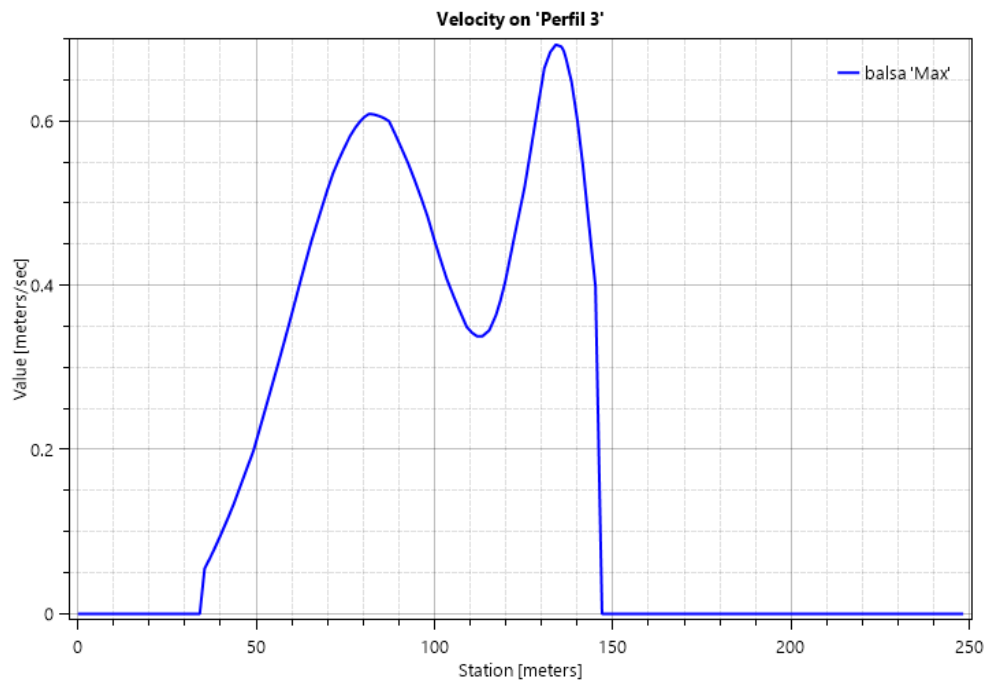


Gráfico16. Velocidad del agua. Perfil Afección N°4: Canal del Bajo

Fuente: Elaboración propia mediante simulación en HEC-RAS 5.0.5.

Como se ha comprobado, la onda de rotura no llega hasta el canal del Bajo Guadalquivir. Por tanto **no hay afección**.

6.5. Afección N° 5: Camino asfaltado

Esta afección se encuentra al norte de la finca “Las Mercedes”, siguiendo el Canal del Bajo Guadalquivir, según se muestra en la Figura 11:



Figura 11. Afección N° 5: Camino asfaltado.

Fuente: Google Maps.

Para estudiar dicha afección, se ha observado la mancha de inundación simulada mediante el software informático HEC-RAS (Figura 12), obteniendo así los valores de flujo y cotas alcanzadas en la zona de estudio. El paso bajo el camino asfaltado está formado por un hueco de 20 m de ancho por 4 m de alto.



Figura 28. Mancha de inundación Afección N° 5: Camino asfaltado.

Fuente: Elaboración propia mediante software informático HEC-RAS 5.0.5.

6.5.1. Resultados

A continuación, en la Tabla 8, se detallan los resultados de esta posible afección:

Tabla 8. Resultados de cálculo Afección N° 5: Camino asfaltado.

Nº AFECCIÓN	Coordenada X UTM ETRS89 Huso 30	Coordenada Y UTM ETRS89 Huso 30	Descripción	Q_{\max} (m³/s)	V_{\max} (m/s)	Calado (m)	Grado afección
5	289.131	4.171.490	Camino asfaltado	12,71	-	-	Sin afección

Fuente: Elaboración propia.

❖ Hidrograma (Gráfico 17):

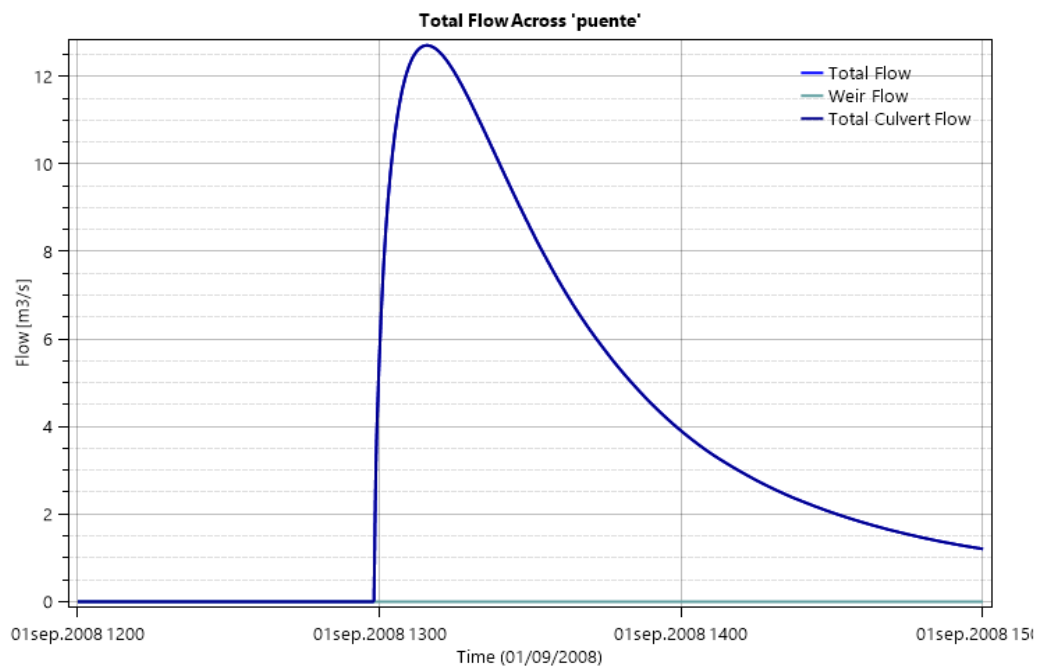


Gráfico 17. Hidrograma. Afección N° 5: Camino asfaltado.

Fuente: Elaboración propia mediante simulación en HEC-RAS 5.0.5.

❖ Cotas aguas arriba y aguas abajo (Gráfico 18):

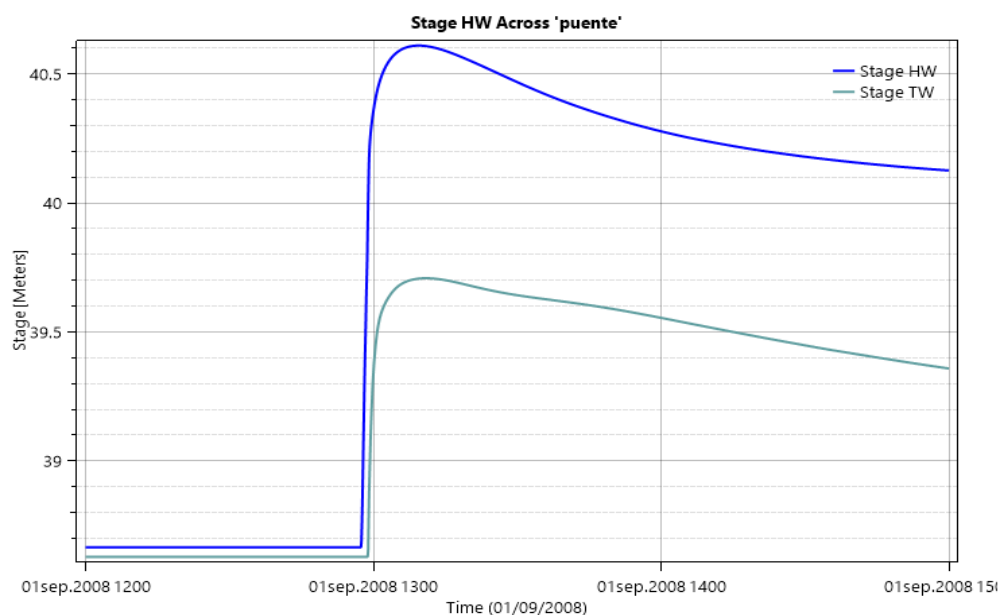


Gráfico 18. Cotas aguas arriba y aguas abajo. Afección N° 5: Camino asfaltado

Fuente: Elaboración propia mediante simulación en HEC-RAS 5.0.5.

Como se ha comprobado, la onda de rotura no llega hasta la plataforma del camino ya que el puente es capaz de desaguar el caudal de avenida. Por tanto **no hay afección**.

7. RESUMEN RESULTADOS

En resumen, la onda de rotura de la balsa no producirá ninguna afección importante, salvo afecciones leves a casetas agrícolas y al camino de tierra, además de diversas parcelas de cultivo (Tabla 9).

Tabla 9. Resumen posibles afecciones.

Nº AFECCIÓN	DENOMINACIÓN	Tipo de Afección
1	Casetas agrícolas	Afección leve
2	Vivienda aislada	Sin afección
3	Camino de tierra	Afección leve
4	Canal del Bajo Guadalquivir	Sin afección
5	Camino asfaltado	Sin afección

Fuente: Elaboración propia.

8. PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN

8.1. Criterios para la definición de categorías

Los criterios para la definición de las categorías se detallan en la Guía Técnica para Clasificación de Presas en función del riesgo potencial. Éstas son un mero desarrollo de lo establecido en el apartado 3.5.1.3 de la Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo de Inundaciones y en el artículo 3.2. del Reglamento Técnico sobre Seguridad de Presas y Embalses.

Los citados artículos, coincidentes, establecen que las presas se clasificarán respecto al riesgo potencial en tres categorías, definidas textualmente del siguiente modo:

- **Categoría A.** Corresponde a las presas cuya rotura o funcionamiento incorrecto puede afectar gravemente a núcleos urbanos o servicios esenciales, o producir daños materiales o medioambientales muy importantes.
- **Categoría B.** Corresponde a las presas cuya rotura o funcionamiento incorrecto puede ocasionar daños materiales o medioambientales importantes o afectar a un reducido número de viviendas.
- **Categoría C.** Corresponde a las presas cuya rotura o funcionamiento incorrecto puede producir daños materiales de moderada importancia y sólo incidentalmente pérdida de vidas humanas. En todo caso a esta categoría pertenecerán todas las presas no incluidas en las Categorías A o B.

Del análisis del texto anterior y de los objetivos de la Directriz se desprenden las siguientes consideraciones y criterios básicos:

1. El elemento esencial para la clasificación es el relativo a la población y a las vidas humanas con riesgo potencial de afección por la hipotética rotura de la presa. Para ello, la Directriz define esta población con riesgo de una forma cualitativa según la afección potencial sea de tipo grave a núcleos urbanos

(categoría A), afecte a un número reducido de viviendas (categoría B) o pudiera afectar solo incidentalmente a vidas humanas (categoría C). Como consecuencia debe partirse de que el elemento primordial en la clasificación es la afección potencial a las vidas humanas, por lo que este es el primer aspecto que debe ser considerado en el proceso.

2. Se trata de una clasificación que debe considerarse de tipo cualitativo y completa. Desde cualquier punto de vista debe haber dos valores frontera que deben permitir la clasificación en tres tramos. El límite inferior de una categoría debe corresponder al límite superior de la categoría siguiente.
3. Presenta un listado de efectos agua abajo que no puede considerarse exhaustivo, aunque sí considera los aspectos más significativos. El listado establece los criterios genéricos a partir de los cuales las presas pueden clasificarse.
4. Hay algunas afecciones potenciales que aparecen en los criterios que definen cada una de las categorías (daños materiales), mientras que otras solo lo hacen en algunos (servicios esenciales).
5. Utiliza sistemáticamente las conjunciones disyuntivas ("o") sin aparecer las conjunciones copulativas ("y") nada más que en la definición de la categoría C. No se refiere por tanto a la evaluación de un efecto global, obtenido por ponderación de los efectos medidos desde distintos puntos de vista sino que, por contra, establece umbrales para distintos aspectos cuya simple superación conduce a una clasificación determinada, independientemente de los efectos desde otros puntos de vista.
6. Sistemáticamente utiliza el condicional ("puede") por lo que no se refiere a estimaciones de daños sino de posibilidad de estos. No plantea la necesidad de evaluar la conversión desde posibilidad de daños hacia daños estimados.

Como consecuencia de lo previsto en la Directriz y en el Reglamento Técnico y de las consideraciones anteriores, se establece que la clasificación de las presas se basará en una evolución progresiva de los daños potenciales, desde la categoría C hacia la A. Los criterios generales de clasificación son los siguientes:

- Categoría C: Puede producir solo incidentalmente pérdida de vidas humanas. No puede afectar a vivienda alguna y solo de manera no grave a algún servicio esencial. Los daños medioambientales que puede producir deben ser poco importantes o moderados. Únicamente puede producir daños económicos moderados.
- Categoría B: Puede afectar a un número de viviendas inferior al que se considere mínimo para constituir una afección grave a un núcleo urbano o a un número de vidas equivalente, o producir daños económicos o medioambientales importantes. Puede afectar solo de manera no grave a alguno de los servicios esenciales de la comunidad.
- Categoría A: Supera la categoría anterior, pudiendo afectar gravemente, al menos, a un núcleo urbano o número de viviendas equivalente, con lo que pudiera poner en situación de riesgo a un número de vidas humanas semejante al que ocupa el número de viviendas considerado como límite máximo para la categoría B, o afectar gravemente a alguno de los servicios esenciales de la comunidad o producir daños económicos o medioambientales muy importantes.

8.2. Clasificación

Atendiendo a los resultados expuestos anteriormente, se clasifica la balsa proyectada como **Categoría C:**

Puede producir solo accidentalmente pérdida de vidas humanas. No puede afectar a vivienda alguna y solo de manera no grave a algún servicio esencial.

Los daños medioambientales que puede producir deben ser poco importantes o moderados. Únicamente puede producir daños económicos moderados.

Los aspectos a analizar son, por tanto:

- **Riesgo potencial a vidas humanas, población en riesgo.**

Como se deduce de los resultados obtenidos (Plano de inundación N° 5.2, hojas 1, 2 y 3) ningún núcleo urbano o número reducido de viviendas se ve afectado por una posible rotura. Solo habría pérdida incidental de vidas humanas por la presencia ocasional y no previsible, en el tiempo, de la persona en la llanura de inundación.

- **Servicios esenciales.**

Se considera servicio esencial aquel del que dependen, al menos del orden de 10.000 habitantes. En este caso no hay ningún servicio esencial del sistema de comunicaciones afectado.

- **Daños materiales.**

Se entiende como daños materiales aquellos soportados por terceros, cuantificables directamente en términos económicos, sean directos (destrucción de elementos) o indirectos (reducción de la producción).

En este caso, aguas abajo de la balsa, en la llanura de inundación de superficie muy inferior a 3000 ha, el terreno está dedicado principalmente a cultivo de olivar, cítricos y cultivos anuales, por lo tanto ocasionará daños leves.

- **Daños ambientales.**

Se considerarán como elementos susceptibles de sufrir daño medioambiental únicamente aquellos elementos o territorios que gocen de alguna figura legal de protección.

No hay zonas afectadas que gocen de alguna figura legal de protección.

- **Otras posibles afecciones.**

No existen otras presas o balsas que pudieran romper como consecuencia de la rotura de la primera. Asimismo, no existe ninguna otra afección importante a considerar.

9. BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES CONSULTADAS

- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (1996). Guía Técnica de “Clasificación de Presas según el Riesgo Potencial”. Serv. Pub. Ministerio de Medio Ambiente, Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas. Ediciones monográficas.
- MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES Y MEDIO AMBIENTE (1996). Reglamento técnico de seguridad en presas y embalses. Serv. Publicaciones MOPTMA. Dirección General de Obras Hidráulicas. Madrid.
- DELGADO RAMOS, F., (2004). Seguridad de Presas y Embalses. Normativa y Recomendaciones. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Colección Seinor.
- AYUSO, J y col. (2008). Proyecto de depósitos de almacenamiento de efluentes de industrias agroalimentarias. Anexo 3: Ejemplo de propuesta de clasificación de un depósito en función del riesgo potencial. Consejería de Agricultura y Pesca. Servicio de Publicaciones y Divulgación.

ANEJO VII
CÁLCULOS HIDRÁULICOS
DE LA RED DE RIEGO

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	3
2. GENERALIDADES.....	3
3. CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO Y ELEMENTOS.	5
3.1. Características del sistema de riego	5
3.2. Elementos de la instalación de riego.....	6
4. ELECCIÓN DE LOS RAMALES DE GOTEO	7
5. DIMENSIONAMIENTO DE LOS HIDRANTES DE RIEGO	13
6. DIMENSIONAMIENTO DE LA RED DE RIEGO.....	15
6.1. Dimensionamiento de las tuberías primarias	15
6.2. Dimensionamiento de las tuberías secundarias	20
7. EQUIPO DE FILTRADO	25
8. ACCESORIOS	27
8.1. Reguladores de la unidad de riego	27
8.2. Manómetros	27
8.3. Ventosas	27
8.4. Válvulas	29
8.4.1. Válvulas en la cabeza de riego	29
8.4.2. Válvula de paso a la entrada de cada sector de riego	30
8.4.3. Válvula de paso a la entrada de cada unidad de riego	30
8.5. Juntas	30
8.5.1. Juntas para tuberías de PVC.....	30
8.5.2. Juntas para tuberías de PEAD	31
9. BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES CONSULTADAS	32

1. INTRODUCCIÓN

El sistema de riego abarca un conjunto de estructuras que hace posible que una determinada área pueda ser cultivada con la aplicación del agua requerida por el cultivo. Dentro de este, podemos encontrar distintas modalidades, como son el riego por superficie, por goteo y por aspersión.

Debido a la escasa adaptación de los riegos por superficie y aspersión en este tipo de cultivo, se ha decidido implantar una red de riego por goteo, que aplica el agua en una zona localizada mediante emisores, los cuales tienen un gasto de agua muy pequeño. Con este método se consigue regar solamente una zona en concreto que coincide con la localización de la planta. Esto permite realizar un riego más uniforme, adaptándose mejor a las necesidades del cultivo y a las condiciones del terreno.

En el riego localizado, el agua sale por los emisores con poca presión, o sin presión, en puntos determinados del suelo, cercanos a la zona de raíces del cultivo. El objetivo del riego localizado es mantener el contenido de agua en el suelo en niveles casi constantes para que la planta pueda utilizarla en óptimas condiciones. De este modo, al no humedecerse la totalidad de la superficie del suelo, el resto de la parcela permanece seca y las pérdidas de agua por evaporación del suelo se reducen considerablemente. La zona del suelo que se mantiene mojada se denomina bulbo húmedo.

En general, el goteo es un sistema fijo, haciendo más cómodo el riego debido a que la mano de obra es menor. A esto habría que sumarle que la respuesta de los cultivos leñosos como el olivar es muy notable.

2. GENERALIDADES

El agua para el riego de las parcelas que componen la finca “Las Mercedes” procede de un pozo situado en la propia finca. La superficie regable está formada por 50,70 ha de olivar superintensivo, con un marco de plantación de 3,75x1,5 m.

En la actuación proyectada, el agua se bombeará desde el pozo existente a una balsa de regulación y almacenamiento, mediante una tubería de PVC. Desde esta balsa, y previo paso por una estación de filtrado y bombeo, el agua se distribuirá mediante una red de tuberías primarias hasta las unidades de riego o hidrantes. Esta red de tuberías primarias será de PVC. Desde las unidades de riego partirá una red secundaria que será donde se conecten los ramales de goteo, siendo toda de PEBD. Todas las tuberías estarán enterradas. Los ramales de goteo, que irán en superficie, serán tuberías con goteros integrados autocompensantes.

Se han diseñado válvulas de corte para poder aislar las unidades de riego, además de las ventosas de doble propósito, codos y derivaciones necesarios.

Así mismo, la superficie de riego se dividirá en dos sectores (Sector Alto y Sector Bajo), que serán regados por turnos, en función de las necesidades hídricas del cultivo. Estos sectores de riego pueden verse a continuación en la Figura 1.

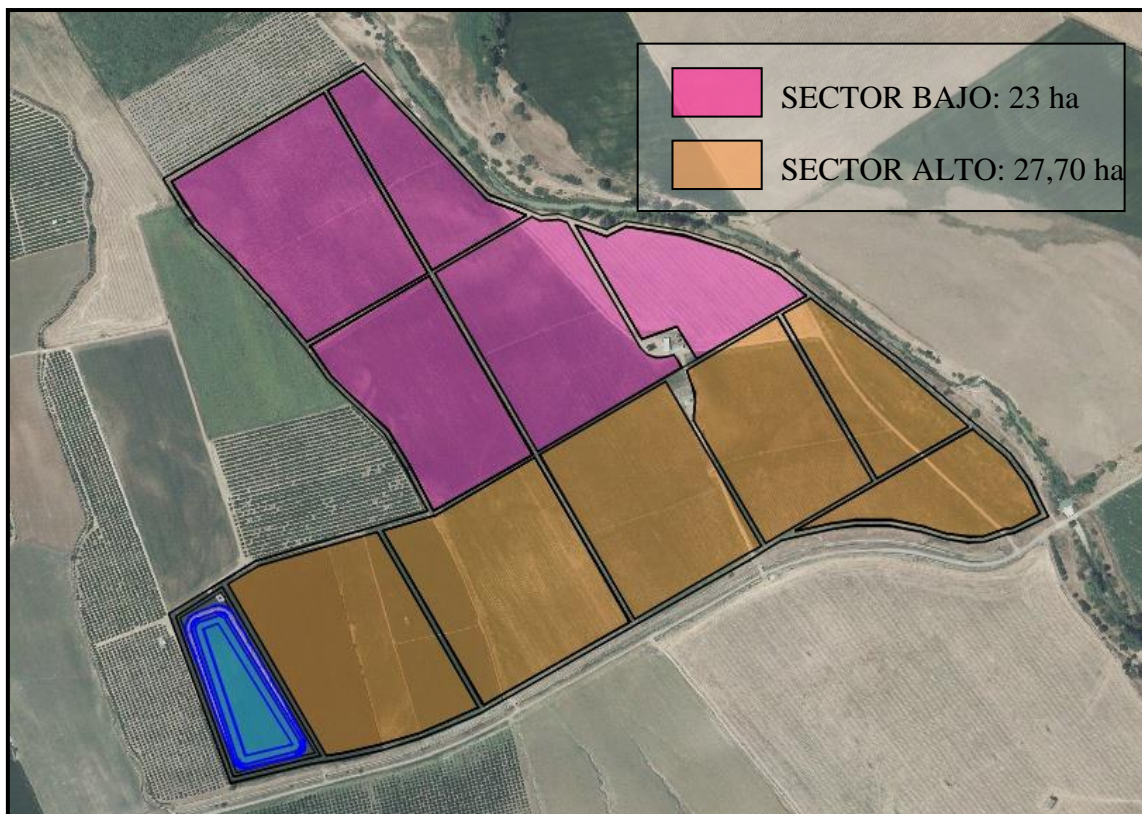


Figura 1. Sectores de riego (Sector Alto y Sector Bajo) en la finca “Las Mercedes”.

Fuente: Elaboración propia.

Tal y como se observa en la figura anterior, el Sector Alto está formado por seis bloques de riego, con una superficie total de 27,70 ha, distribuidas a lo largo de la zona sur de la finca. Al norte, se encuentra el Sector Bajo, compuesto por cinco bloques de riego con un total de 23 ha.

La relación de los diámetros obtenidos para los diferentes tramos de las redes diseñadas, así como los caudales que circulan por cada uno y la pérdida de carga que se produce pueden verse en las tablas de este Anejo. También se dan las presiones existentes en cada una de los nudos de la red y su cota.

3. CARACTERISTICAS DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO Y ELEMENTOS.

3.1. Características del sistema de riego

El riego por goteo se basa en suministrar el agua en puntos localizados del terreno, coincidiendo con la planta, lo que supone un considerable aumento de la productividad de la finca. El agua aplicada por este método de riego se infiltra hacia las raíces de las plantas, irrigando directamente la zona de influencia de las raíces a través de un sistema de tuberías y emisores (goteros), que incrementan la productividad y el rendimiento por unidad de superficie.

Las principales ventajas que presenta este sistema de riego son:

- Reducción de la evaporación de agua en el suelo, disminuyendo considerablemente los aportes de agua.
- Permite automatizar completamente el sistema de riego, con los consiguientes ahorros en mano de obra.
- Mejor control de la dosis de aplicación.
- Debido al mantenimiento de humedades altas en el bulbo realizado por los emisores, permite el uso de aguas más salinas para el riego que los sistemas de irrigación por superficie y por aspersión.
- Posibilidad de adaptarse a los terrenos rocosos y con pendientes.

- Disminuye el desarrollo de plantas adventicias en las zonas no regadas.
- Permite el aporte controlado de nutrientes con el agua de riego.

El nivel de automatización que pueden alcanzar las instalaciones de riego localizado es casi total. Es, por tanto, el método de riego con el que más fácil resulta distribuir el agua.

Sin embargo, este tipo de riego requiere una mayor inversión en equipos y costes de mantenimiento. Otras debilidades que presenta este sistema son las obturaciones de los emisores, ya que los orificios de salida del agua son muy pequeños y se produce precipitación de sales. A esto habría que sumarle que la presión de servicio tiene que ser controlada y evitar que baje de un nivel mínimo para minimizar el efecto sobre la uniformidad del riego.

3.2. Elementos de la instalación de riego

Las instalaciones de riego localizado se dividen en dos grupos de componentes: la red de riego, compuesta a su vez por las tuberías de distribución y por los emisores, y el cabezal de riego, donde se asientan los elementos de impulsión, filtrado y control.

El riego que se va a proyectar en la finca tendrá los siguientes elementos principales:

- ❖ **Cabezal de riego o estación de control.** Es la parte de la instalación que gestiona y reparte el agua hacia los diferentes sectores. Estará colocado en la red principal, compuesto por una bomba hidráulica que impulsará el agua desde la balsa proyectada hacia los distintos sectores de riego. Aquí se hacen imprescindibles los dispositivos de filtrado, llaves de paso o manómetros. De su correcto diseño y funcionamiento dependerá en gran medida la eficacia del sistema de riego.
- ❖ **Equipo de filtrado.** La función de esta parte es evitar que haya atascos en los goteros por distintos elementos. Se colocará un equipo de filtrado compuesto por dos filtros de malla autolimpiantes, dispuestos en la caseta de bombeo, proyectada

para tal fin y, que servirán para retener algunos materiales de tipo orgánico e inorgánico, que vayan apareciendo con el tiempo.

- ❖ **Redes de distribución.** Es el conjunto de tuberías hasta las tuberías portarramales.
- ❖ **Ramales de goteo.** Se trata de las últimas tuberías que hay en la red, con separación normalmente equidistante, que dependerá del marco de plantación. Su colocación será perpendicular a los portarramales.
- ❖ **Goteros.** Son los últimos elementos del sistema de riego, responsables de que haya una salida controlada del agua al exterior. Existen diversos tipos de goteros en función de los caudales y formas.

4. ELECCIÓN DE LOS RAMALES DE GOTEO

Para el riego del olivar superintensivo y, teniendo en cuenta todo lo expuesto anteriormente, se utilizarán tuberías de polietileno con goteros integrados autocompensantes, que permiten adaptarse mejor a las necesidades del cultivo. A continuación se exponen las características generales de los goteros:

- Caudal constante en el intervalo de presiones de trabajo.
- Membrana de silicona que tiene como función mantener constante dicho caudal de salida para el intervalo de presiones consideradas.
- La distancia entre emisores se adapta bien a distintos cultivos, entre ellos, el olivar.
- Este tipo de goteros tiene un filtro incorporado que produce una protección extra aparte de la del equipo de filtrado en la cabeza de riego.
- La membrana actúa como autolimpieza, sobre todo en presiones bajas.

Para entender el recorrido que el agua sigue en el emisor, se puede observar la Figura 2, en la que se muestra la estructura interna de los goteros. El agua penetra en el interior del gotero a través de un filtro que impide la entrada de partículas. Después del laberinto,

formado por diferentes cavidades en el interior del gotero, comienza la regulación de la presión por membrana. La membrana regula el caudal de salida y a presiones bajas, permite la limpieza del gotero. Por último, el agua sale al exterior en forma de gotas.



Figura 2. Detalle gotero integrado autocompensante.

Fuente: Catálogo comercial.

Las características del emisor seleccionado son las siguientes:

- **Datos Técnicos del emisor**

- Caudal nominal: 2,3 l/h
- Rango de presión de trabajo: 0,5 – 4 bares
- Distancia entre goteros: 0,75 m

- **Datos Técnicos de la Tubería**

- Diámetro nominal: 20 mm
- Espesor: 1,0 mm

Teniendo en cuenta que se dispondrá un ramal de goteo por cada línea de olivos, cuyas calles se separan 3,75 m, el caudal de diseño por hectárea es el siguiente:

$$Q_{\text{diseño}}(l/h) = \frac{10.000 \text{ m}^2}{3,75 \text{ m} \cdot 0,75 \text{ m}} \cdot 2,3 \frac{l}{h} = 8.178 \text{ l/h}$$

$$Q_{\text{diseño}}(l/s) = 8.178 \frac{l}{h} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3.600 \text{ s}} = 2,27 \text{ l/s}$$

En la siguiente tabla (Tabla 1), se recogen las longitudes máximas que pueden alcanzar los ramales de goteo de 20 mm de diámetro en función de la presión al inicio de la tubería, suponiendo un terreno llano.

Tabla 1. Longitud máxima (m) de tubería de 20 mm en terreno llano.

Presión de entrada (bar)		Distancia entre goteros (m)							
		0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,0
0,7 l/h	1,0	168	233	292	347	397	445	532	573
	2,0	245	343	430	511	586	656	787	848
	3,0	298	409	514	611	701	786	943	1017
	4,0	329	460	579	688	790	886	1063	1146
1,0 l/h	1,0	133	185	232	276	316	353	423	456
	2,0	194	272	341	406	465	522	626	674
	3,0	232	325	408	485	557	624	750	809
	4,0*	260	365	459	546	627	704	845	911
1,6 l/h	1,0	98	137	171	203	233	261	313	337
	2,0	143	200	252	299	343	385	463	498
	3,0	170	239	301	358	411	461	554	598
	4,0	191	269	338	403	463	519	625	674
2,3 l/h	1,0	77	108	136	161	184	207	248	267
	2,0	113	158	199	237	272	305	366	395
	3,0	134	189	238	283	325	365	439	473
	4,0	151	212	268	319	366	411	494	534
3,5 l/h	1,0	59	82	103	123	141	158	189	204
	2,0	86	120	152	181	207	232	280	302
	3,0	102	144	181	216	248	279	335	361
	4,0	115	161	204	243	279	314	377	407

Fuente: Catálogo comercial.

4.1. Dosis y frecuencia de riego

La principal dificultad del diseño se enfoca en el tiempo y la dosis de riego que se va a dar en el sistema. Para este sistema de riego se supondrá un rendimiento de aplicación del 95%.

Como se ha comentado, se ha elegido un emisor por cada 0,75 metros recorridos en el ramal, con un caudal de 2,3 l/h y una línea de riego por fila de árboles, lo que supone, aproximadamente, 2 goteros por cada olivo. Para tomar esta decisión, se ha estudiado la influencia del número de goteros por planta con la producción y por motivos de espacio y económicos, siendo la solución más óptima la que se ha propuesto.

La dosis neta media se ha calculado en base al mes de mayor demanda hídrica, siendo éste el caso más desfavorable y asegurando así cubrir las necesidades del cultivo

en los restantes meses. Atendiendo al “Anejo II. Necesidades Hídricas”, se tiene que la dosis de riego del mes más desfavorable (Julio) se ha fijado en 79 mm, lo que supone una dosis diaria de 2,49 mm/día.

$$\text{Metros tubería/ha} = \frac{10.000 \text{ m}^2}{\text{Distancia entre calles (m)}} = \frac{10.000 \text{ m}^2}{3,75 \text{ m}} = 2.666 \text{ m de tubería}$$

$$\text{Nº goteros/ha} = \frac{\text{Metros tubería/ha}}{\text{Separación entre goteros (m)}} = \frac{2.666 \text{ m}}{0,75 \text{ m}} = 3.556 \text{ goteros/ha}$$

$$\text{Dotación (l/h y ha)} = \frac{\text{Nº goteros}}{\text{ha}} \cdot Q_{\text{goteo}} = 3.556 \frac{\text{goteros}}{\text{ha}} \cdot 2,3 \frac{\text{l}}{\text{h}} = 8.178 \text{ l/h y ha}$$

$$\text{Dotación (l/s y ha)} = \frac{8.178 \text{ l/h}}{3.600 \text{ s}} = 2,27 \text{ l/s y ha}$$

$$\text{Dotación (mm/h)} = \frac{8.178 \text{ l/h}}{10.000 \text{ m}^2} = 0,82 \text{ l/m}^2 \text{ y h} = 0,82 \text{ mm/h}$$

$$\text{Nº horas de riego neto} = \frac{\text{Dosis riego (mm/día)}}{\text{Dotación (mm/h)}} = \frac{2,49 \text{ mm/día}}{0,82 \text{ mm/h}} = 2,95 \text{ h/día}$$

$$\text{Nº horas de riego bruto} = \frac{2,95}{0,95} = 3,1 \text{ h/día}$$

Sin embargo, el reparto es bastante variable a lo largo de los 5 meses. En la siguiente tabla (Tabla 2) se detalla la dosis, horas y litros que se le aplica al día a nuestro cultivo según el mes.

Tabla 2. Dosis y horas de riego neto y bruto para olivar superintensivo.

	NA (mm/mes)	Riego Neto (mm/mes)	Litros/árbol y día	Horas de riego neto/día	Horas de riego bruto/día
Enero	-28,81	0,00	0,00	0,00	0,00
Febrero	-38,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Marzo	-0,63	0,00	0,00	0,00	0,00

	NA (mm/mes)	Riego Neto (mm/mes)	Litros/árbol y día	Horas de riego neto/día	Horas de riego bruto/día
Abril	0,85	0,00	0,00	0,00	0,00
Mayo	50,79	37,00	6,72	1,46	1,54
Junio	86,87	65,00	12,14	2,64	2,78
Julio	96,54	75,00	13,57	2,95	3,10
Agosto	73,00	40,50	7,31	1,59	1,67
Septiembre	47,65	20,00	3,73	0,81	0,85
Octubre	-21,44	0,00	0,00	0,00	0,00
Noviembre	-44,49	0,00	0,00	0,00	0,00
Diciembre	-68,69	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	355,70	237,50			

Fuente: Elaboración propia.

Se realizará el riego preferiblemente por la noche, siendo posible realizarlo en dos turnos, puesto que el mes con mayores horas de riego (julio), tendría un total de 6,2 horas, quedando los demás dentro de este horario. La aplicación del riego por la noche permite incrementar la eficiencia de la evapotranspiración por la planta, aprovechando el menor coste de la electricidad en este horario.

4.2. Unidades de riego

Cada sector de riego está dividido, a su vez, en unidades de riego para tener una mayor optimización de su manejo (Figura 3). Cada unidad tendrá una tubería portarramal con los ramales necesarios en cada una para el riego de los diferentes bloques.

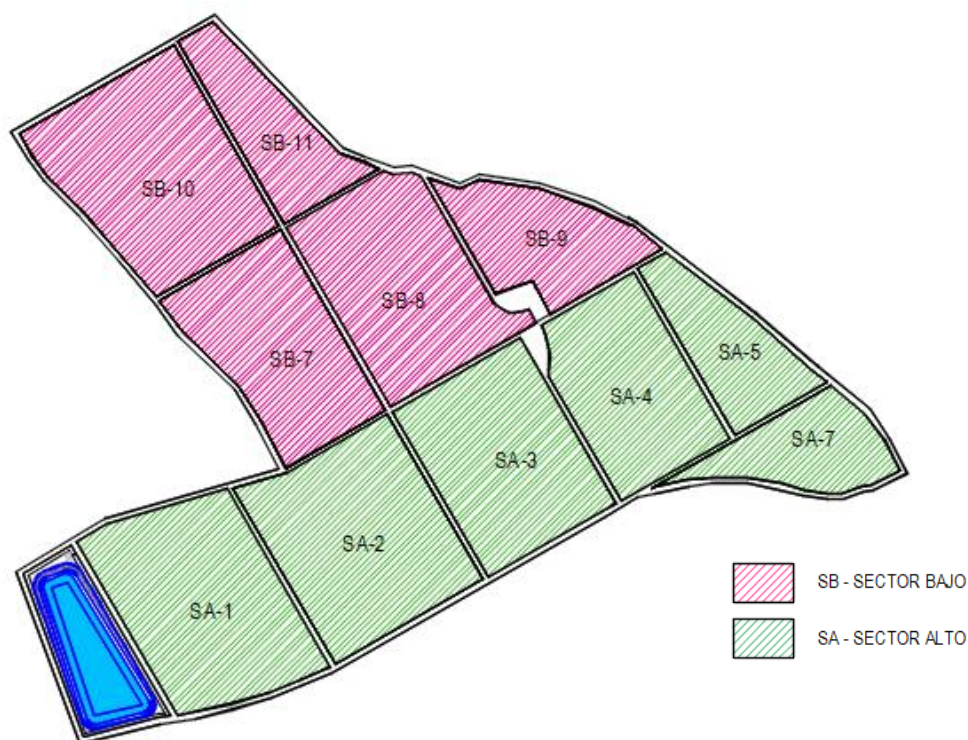


Figura 3. Distribución de los bloques de riego para cada sector en la finca “Las Mercedes”.

Fuente: Elaboración propia.

La finca se ha dividido en dos sectores compuestos por 11 bloques de riego en total. El Sector Alto (SA), está formado por seis bloques de riego, con una superficie total de 27,70 ha, distribuidas a lo largo de la zona Sur de la finca. Al Norte se encuentra el Sector Bajo (SB), compuesto por cinco bloques de riego con un total de 23 ha.

Se han escogido dos sectores de riego para minimizar la demanda máxima, dividiéndola en dos fases y disminuyendo así los diámetros y caudales necesarios. De este modo, primero se regará un sector y seguidamente, el otro.

A continuación, en la Tabla 3 se indica la superficie y el caudal asociados a cada unidad de riego.

Tabla 3. Superficie y caudal por unidad de riego.

		Superficie (ha)	Caudal (l/s)
Sector Alto	1	6,33	14,37
	2	6,32	14,35
	3	5,43	12,33
	4	4,50	10,21
	5	2,62	5,95
	6	2,46	5,60
Sector Bajo	7	4,89	11,10
	8	5,73	13,10
	9	3,19	7,25
	10	6,49	14,75
	11	2,72	6,17

Fuente: Elaboración propia.

Para el diseño de las unidades se sigue el criterio de uniformidad hidráulica de forma que el caudal descargado por cada uno de los emisores sea lo más homogéneo posible.

5. DIMENSIONAMIENTO DE LOS HIDRANTES DE RIEGO

Son aquellos que derivan de las tuberías principales y suministran agua a las parcelas o a las agrupaciones de riego. Disponen de los siguientes elementos:

- Válvula de corte para cada parcela, que serán de tipo mariposa para los de 4” de diámetro y de esfera, para los de 2½” y 3” de diámetro.
- Ventosa de 1” de diámetro.
- Calderería en chapa necesaria para su conexión con la red secundaria.

Se dispondrán un total de 11 hidrantes (Figura 4). Así mismo, irán protegidos por un tubo de hormigón de 0,8 m de diámetro y 1,0 m de altura para los hidrantes de menor diámetro (2½” y 3”) y de 1,0 m de diámetro y 1,0 m de altura para los hidrantes de 4” de

diámetro. En todos los casos, se dispondrán cerrados al exterior mediante una tapa metálica de 4 mm de espesor (véase Plano N° 6.3. Detalle Hidrantes).

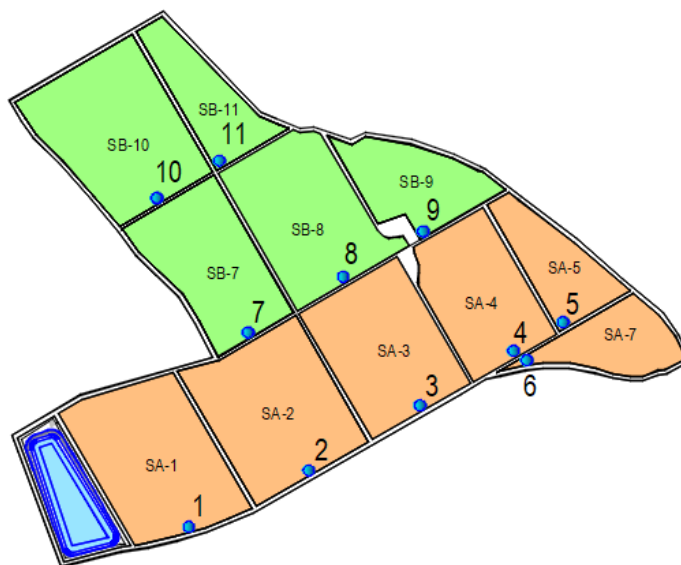


Figura 4. Disposición de los hidrantes en cada unidad de riego, en la finca “Las Mercedes”.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación en la Tabla 4 se muestran los diámetros de cada hidrante, en función del caudal y la superficie asociada.

Tabla 4. Diámetros (en pulgadas) de los hidrantes de riego.

Nº Hidrante	Superficie (ha)	Caudal (l/s)	Diámetro (")
1	6,33	14,367	4
2	6,32	14,35	4
3	5,43	12,33	4
4	4,5	10,22	4
5	2,62	5,95	2½
6	2,46	5,59	2½
7	4,89	11,10	4
8	5,73	13,01	4
9	3,19	7,24	3
10	6,49	14,73	4
11	2,72	6,17	2½

Fuente: Elaboración propia.

6. DIMENSIONAMIENTO DE LA RED DE RIEGO

6.1. Dimensionamiento de las tuberías primarias

Una vez realizados los trabajos de campo necesarios para la comprobación de la viabilidad de los trazados de la red de tuberías diseñados previamente, se han seguido los siguientes pasos hasta conseguir el diseño definitivo de las redes primarias:

1. Definición de la topología de las redes. Cada red se divide en tramos, de los cuales se recogen los datos que definen las características de cada tramo, y que son:

- Punto de inicio del tramo. Es el denominado ‘Nudo Inicio’, que se corresponde con un punto físico que puede ser un hidrante o una bifurcación.
- Punto final del tramo. Es el denominado ‘Nudo Fin’, que se corresponde con un punto físico que puede ser un hidrante o una bifurcación.
- Longitud. Es la longitud expresada en metros de cada tramo. Se incrementa en un 10% para simular las pérdidas de carga en singularidades en la red de riego.
- Cota inicio. Se recoge la cota del nudo inicial.
- Cota fin. Se recoge la cota del nudo fin.
- Superficie regada. Se indica la superficie regada por el nudo fin (que será cero si no coincide con un hidrante).
- Caudal. Se define el caudal máximo a proporcionar en cada nudo fin (que será cero si no coincide con un hidrante).

2. Cálculo de los caudales circulantes por cada tramo de cada red.

3. Dimensionamiento y optimización de la red de riego en función de los parámetros anteriormente definidos y calculados.

Las pérdidas de carga se han calculado aplicando la ecuación de Hazen-Williams y se ha optimizado su diseño para que resulte la red más económica y proporcione en cada

hidrante el caudal y la presión fijada. Los diámetros internos considerados son los correspondientes a la norma UNE-EN 1452 para el PVCy a la norma UNE-EN 12.201 para el PEAD PE100.

La expresión de pérdidas de carga en tuberías de Hazen-Williams, empleada en el dimensionamiento de la red, es la siguiente (*Ec. 1*):

$$J (m/m) = 10,62 \cdot C^{-1,85} \cdot D^{-4,87}(m) \cdot Q^{1,85}(m^3/s) \quad Ec. 1$$

Donde:

- *C, coeficiente adimensional que depende del material de la conducción y del diámetro de la misma. Para PVC, Polietileno y diámetros que se manejan, se adopta un valor de $C = 150$.*

Así mismo, las pérdidas de carga se han incrementado un 10% para tener en cuenta las posibles pérdidas en singularidades de la red.

Las tuberías se dispondrán enterradas, de forma que la generatriz superior del tubo tenga una profundidad mínima de 100 cm.

El caudal adoptado, obtenido en los apartados anteriores en función del número de goteros dispuestos en la finca, es de 2,27 l/s.

En primer lugar, con los caudales de diseño obtenidos se hace en un predimensionamiento y posteriormente, se realiza la optimización.

En las siguientes tablas (Tablas 5 y 6), se muestran los resultados de la optimización. Se relacionan los diámetros, materiales y timbrajes para cada tramo de tubería de la red de distribución, así como la velocidad en cada uno y la presión dinámica. También aparece la longitud de cada diámetro de tubería.

Se desea suministrar una presión mínima de 20 m.c.a en cada hidrante, que, en principio debe ser presión suficiente para que los ramales de goteo estén dentro del rango de presiones de trabajo, y que se comprobará en el dimensionamiento de las tuberías secundarias.

Para diseñar la red y que cumpla con los requerimientos de presión exigidos, se parte del supuesto más desfavorable. Éste será cuando se produzca la simultaneidad de vaciado de la balsa (balsa vacía) con la limpieza de los filtros. Por tanto, se considera, para el diseño, la altura de agua en la balsa situada en su nivel mínimo así como una pérdida de carga de 5 m.c.a. en el filtrado, que es la máxima que pueden tener cuando los filtros están sucios.

Como se ha comentado, se ha dividido la zona regable en 2 sectores de riego (Sector Alto y Sector Bajo). Para el Sector Alto se ha previsto una altura manométrica suministrada por la bomba de 37 m.c.a., mientras que para el Sector Bajo será de 30 m.c.a., tal y como se refleja en el “*Anejo VIII. Impulsión y equipos de bombeo*”. A continuación se adjuntan las tablas (Tablas 4 y 5), de cálculo de cada uno de ellos, donde los valores de cada una de las columnas son los siguientes:

- **Nudo inicial:** Nudo inicial del tramo
- **Nudo final:** Nudo final del tramo
- **Long:** Longitud del tramo en metros
- **Long + 10%:** Longitud del tramo en metros mayorada un 10%, para tener en cuenta las pérdidas de carga en singularidades
- **Cota inicial:** Cota del nudo inicial
- **Cota final:** Cota del nudo final
- **Superf:** Superficie de riego asociada al nudo final del tramo en hectáreas
- **Q:** Caudal del tramo en l/s
- **Dint:** Diámetro interior de la tubería en mm
- **v:** Velocidad del agua en la tubería m/s
- **hf:** Pérdidas de carga del tramo en metros
- **hfacum:** Pérdidas de carga acumuladas desde origen en metros

- **H manom. final:** Presión dinámica en el punto final del tramo en metros

Finalmente, la disposición y diámetros de la red de tuberías primarias puede observarse con más detalle en el plano N° 6.1. “*Red de tuberías primarias*” adjunto.

Tabla 4. Diseño y optimización de la red de tuberías primarias: Sector Alto.

Nudo inicial	Nudo final	Long (m)	Long + 10% (m)	Cota inicial	Cota final	Superf (ha)	Supa cum (ha)	Q (l/s)	Tubería	D int (mm)	v (m/s)	hf (m)	Hf acum. (m)	H manom. final (m)
Balsa	Filtrado	40	44	56,1	56,1	0	27,67	62,81	PEAD315-6	290,8	0,95	0,11	0,11	36,89
Filtrado	1	397	436,7	56,1	58,8	6,34	27,67	62,81	PVC 250-6	237,6	1,42	2,86	2,97	26,33
1	2	237	260,7	58,8	58,8	6,32	21,33	48,42	PVC 200-6	190,2	1,70	3,11	6,08	23,22
2	3	229	251,9	58,8	57	5,43	15,01	34,07	PVC 200-6	190,2	1,20	1,57	7,65	23,45
3	6	177	194,7	57	56,6	2,46	9,58	21,75	PVC 140-6	133,0	1,57	3,02	10,66	20,84
6	4	20	22	56,6	56	4,5	7,12	16,16	PVC 125-6	118,8	1,46	0,34	11,00	21,10
4	5	95	104,5	56	54,2	2,62	2,62	5,95	PVC 90-6	84,4	1,06	1,34	12,35	21,55

*Fuente: Elaboración propia.***Tabla 5. Diseño y optimización de la red de tuberías primarias: Sector Bajo.**

Nudo inicial	Nudo final	Long (m)	Long + 10% (m)	Cota inicial	Cota final	Superf (ha)	Sup acum (ha)	Q (l/s)	Tubería	D int (mm)	v (m/s)	hf (m)	Hf acum. (m)	H manom. final (m)
Balsa	Filtrado	40	44	56,1	56,1	0	23,02	52,26	PEAD315-6	290,8	0,79	0,08	0,08	29,92
Filtrado	7	412,5	453,75	56,1	54,5	4,89	23,02	52,26	PVC 250-6	237,6	1,18	2,11	2,19	24,41
7	T1	90	99	54,5	53,5	0	18,13	41,16	PVC 200-6	190,2	1,45	0,88	3,07	24,53
T1	8	104	114,4	53,5	52,5	5,73	8,92	20,25	PVC 140-6	133,0	1,46	1,55	4,62	23,98
8	9	162	178,2	52,5	51,4	3,19	3,19	7,24	PVC 90-6	84,4	1,29	3,30	7,92	21,78
T1	T2	293	322,3	53,5	51,2	0	9,21	20,91	PVC 140-6	133,0	1,50	4,64	7,71	22,19
T2	10	117	128,7	51,2	51,1	6,49	6,49	14,73	PVC 125-6	118,8	1,33	1,68	9,39	20,61
T2	11	9	9,9	51,2	51,2	2,72	2,72	6,17	PVC 90-6	84,4	1,10	0,14	7,84	22,06

Fuente: Elaboración propia.

6.2. Dimensionamiento de las tuberías secundarias

La red de tuberías secundarias es aquella que, partiendo de cada hidrante, lleva el agua hasta cada ramal de goteo. Esta red está formada por tuberías de PEBD y timbraje 4 bar, presión suficiente puesto que, como se ha comentado anteriormente, el rango de presiones de trabajo de los goteros integrados, no supera los 4 bar, por lo que no se superará nunca esta presión.

Las pérdidas de carga se han calculado por Hazen-Williams y se ha optimizado su diseño para que resulte la red más económica y proporcione en cada acometida el caudal y la presión fijada.

Hay que tener en cuenta, en este caso, que se trata de tuberías con salidas múltiples (los ramales de goteo), por lo que a la hora de calcular las pérdidas de carga, se debe prestar atención a ciertas particularidades.

El cálculo de la pérdida de carga por fricción en una tubería con salidas múltiples requiere la determinación segmento a segmento, desde la última salida, aguas abajo, hasta la primera, aguas arriba, de la pérdida de carga por fricción provocada en cada uno de ellos.

En este caso, las pérdidas de carga serán las siguientes (Ec. 2):

$$h_{f1} = F \cdot h_f \quad \text{Ec. 2}$$

Donde:

- F , Factor de Christiansen. Puede obtenerse mediante la siguiente expresión (Ec. 3):

$$F = \frac{1}{1 + \beta} + \frac{1}{2 \cdot n} + \frac{\sqrt{\beta - 1}}{6 \cdot n^2} \quad \text{Ec. 3}$$

Donde:

- n , número de salidas (emisores).
- β , exponente de la fórmula utilizada para el cálculo de la pérdida de carga.

Los valores de F pueden conocerse mediante el empleo de la Tabla 7, cuando la primera derivación esté a una distancia del comienzo de la tubería (l_0), igual a la equidistancia (l) entre las derivaciones, es decir, $l = l_0$, o bien cuando la primera derivación está situada a una distancia del comienzo del lateral igual a la mitad del espaciamiento entre derivaciones ($l_0 = l/2$).

Tabla 7. Coeficientes F de Christiansen.

n	$l_0 = l$					n	$l_0 = l/2$				
	$\beta=1,75$	$\beta=1,80$	$\beta=1,85$	$\beta=1,90$	$\beta=2,00$		$\beta=1,75$	$\beta=1,80$	$\beta=1,85$	$\beta=1,90$	$\beta=2,00$
1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2	0,650	0,644	0,639	0,634	0,625	2	0,532	0,525	0,518	0,512	0,500
3	0,546	0,540	0,535	0,528	0,518	3	0,455	0,448	0,441	0,434	0,422
4	0,497	0,491	0,486	0,480	0,469	4	0,426	0,419	0,412	0,405	0,393
5	0,469	0,463	0,457	0,451	0,440	5	0,410	0,403	0,397	0,390	0,378
6	0,451	0,445	0,435	0,433	0,421	6	0,401	0,394	0,387	0,381	0,369
7	0,438	0,432	0,425	0,419	0,408	7	0,395	0,388	0,381	0,375	0,363
8	0,428	0,422	0,415	0,410	0,398	8	0,390	0,383	0,377	0,370	0,358
9	0,421	0,414	0,409	0,402	0,391	9	0,387	0,380	0,374	0,367	0,355
10	0,415	0,409	0,402	0,396	0,385	10	0,384	0,378	0,371	0,365	0,353
11	0,410	0,404	0,397	0,392	0,380	11	0,382	0,375	0,369	0,363	0,351
12	0,406	0,400	0,394	0,388	0,376	12	0,380	0,374	0,367	0,361	0,349
13	0,403	0,396	0,391	0,384	0,373	13	0,379	0,372	0,366	0,360	0,348
14	0,400	0,394	0,387	0,381	0,370	14	0,378	0,371	0,365	0,358	0,347
15	0,397	0,391	0,384	0,379	0,367	15	0,377	0,370	0,364	0,357	0,346
16	0,395	0,389	0,382	0,377	0,365	16	0,376	0,369	0,363	0,357	0,345
17	0,393	0,387	0,380	0,375	0,363	17	0,375	0,368	0,362	0,356	0,344
18	0,392	0,385	0,379	0,373	0,361	18	0,374	0,368	0,361	0,355	0,343
19	0,390	0,384	0,377	0,372	0,360	19	0,374	0,367	0,361	0,355	0,343
20	0,389	0,382	0,376	0,370	0,359	20	0,373	0,367	0,360	0,354	0,342
22	0,387	0,380	0,374	0,368	0,357	22	0,372	0,366	0,359	0,353	0,341
24	0,385	0,378	0,372	0,365	0,355	24	0,372	0,365	0,359	0,352	0,341
26	0,383	0,376	0,370	0,364	0,353	26	0,371	0,364	0,358	0,351	0,340
28	0,382	0,375	0,369	0,363	0,351	28	0,370	0,364	0,357	0,351	0,340
30	0,380	0,374	0,368	0,362	0,350	30	0,370	0,363	0,357	0,350	0,339
35	0,378	0,371	0,366	0,359	0,347	35	0,369	0,362	0,356	0,350	0,338
40	0,376	0,370	0,364	0,357	0,345	40	0,368	0,362	0,355	0,349	0,349
50	0,374	0,367	0,361	0,355	0,343	50	0,367	0,361	0,354	0,348	0,337
60	0,372	0,366	0,359	0,353	0,342	100	0,365	0,359	0,353	0,347	0,335
80	0,370	0,363	0,357	0,351	0,340	200	0,365	0,358	0,352	0,346	0,334
100	0,369	0,362	0,356	0,350	0,338	-	-	-	-	-	-
150	0,367	0,360	0,354	0,348	0,337	-	-	-	-	-	-
300	0,365	0,359	0,353	0,346	0,335	-	-	-	-	-	-
>300	0,364	0,357	0,351	0,345	0,333	-	-	-	-	-	-

n = Número de salidas	En la práctica se toma los siguientes valores de β :
$\beta=1,75$ Blasius, Cruciani-Margaritora	$\beta=1,75$ para tuberías de PE
$\beta=1,786$ Scimemi	$\beta=1,80$ para tubería de PVC
$\beta=1,80$ Iso, Veronese-Daite	$\beta=1,85-1,90$ para tubería de aluminio
$\beta=1,85$ Hazen-Williams	
$\beta=1,90$ Scobey	
$\beta=2,00$ Manning, Darcy-Weisbach	

Fuente: Web Open CourseWare de la Universidad de Sevilla

Para el cálculo de las pérdidas de carga, se ha aplicado la ecuación de Hazen-Williams (Ec.1), descrita en el apartado anterior. Estas pérdidas se verán afectadas por el factor F de Christiansen antes comentado. Además, se han incrementado un 10% para tener en cuenta las pérdidas en singularidades de la red.

Se ha dividido la zona regable en 11 unidades de riego. A continuación se adjuntan las tablas (Tablas 8 y 9) de cálculo de cada uno de ellos, donde los valores de cada una de las columnas son los siguientes:

- **Nudo inicial:** Nudo inicial del tramo
- **Nudo final:** Nudo final del tramo
- **Long:** Longitud del tramo en metros
- **Long + 10%:** Longitud del tramo en metros mayorada un 10%, para tener en cuenta las pérdidas de carga en singularidades
- **Cota inicial:** Cota del nudo inicial
- **Cota final:** Cota del nudo final
- **Superf:** Superficie de riego asociada al nudo final del tramo en hectáreas
- **Q:** Caudal del tramo en l/s
- **Dint:** Diámetro interior de la tubería en mm
- **v:** Velocidad del agua en la tubería m/s
- **Nº salidas:** Número de salidas de caudal a lo largo del tramo
- **F:** Factor de Christiansen
- **hf:** Pérdidas de carga del tramo en metros
- **hfacum:** Pérdidas de carga acumuladas desde origen en metros
- **H manom. inicial:** Presión dinámica en el punto inicial del tramo en metros
- **H manom. final:** Presión dinámica en el punto final del tramo en metros

Finalmente, la disposición y diámetros de la red de tuberías secundarias puede observarse con más detalle en el Nº 6.2. “*Red de tuberías secundarias*” adjunto.

Tabla 7. Diseño y optimización de la red de tuberías secundarias: Sector Alto.

	Nudo inicial	Nudo final	Long (m)	Long + 10% (m)	Cota inicial	Cota final	Superf (ha)	Supacum (ha)	Q (l/s)	Tubería	D int (mm)	v (m/s)	Nº salidas	F Christiansen	hf (m)	hfacum. (m)	H manom. inicial (m)	H manom. final (m)
SECTOR ALTO	1A	1B	113	124,3	58,8	60	3,17	3,17	7,20	PEBD 75-4	66,00	2,10	30	0,368	2,77	2,77	26,33	22,36
	1A	1C	110	121	58,8	58,8	3,17	3,17	7,20	PEBD 75-4	66,00	2,10	29	0,368	2,70	2,70	26,33	23,63
	2A	2B	118	129,8	58,8	58,7	3,19	3,19	7,24	PEBD 75-4	66,00	2,12	31	0,368	2,93	2,93	23,22	20,39
	2A	2C	118	129,8	58,8	58,2	3,13	3,13	7,11	PEBD 75-4	66,00	2,08	31	0,368	2,83	2,83	23,22	20,99
	3A	3B	101	111,1	57	58	2,74	2,74	6,22	PEBD 63-4	55,40	2,58	27	0,370	4,46	4,46	23,45	17,99
	3A	3C	103	113,3	57	56,8	2,69	2,69	6,11	PEBD 63-4	55,40	2,53	27	0,370	4,40	4,40	23,45	19,25
	4A	4B	89	97,9	56	56,7	2,25	2,25	5,11	PEBD 63-4	55,40	2,12	24	0,372	2,74	2,74	21,10	17,66
	4A	4C	84	92,4	56	54,5	2,25	2,25	5,11	PEBD 63-4	55,40	2,12	22	0,374	2,60	2,60	21,10	20,00
	5A	5B	148	162,8	54,2	54	2,62	2,62	5,95	PEBD 63-4	55,40	2,47	39	0,364	5,92	5,92	21,55	15,83
	6A	6B	322	354,2	56,6	53,6	2,46	2,46	5,58	PEBD 63-4	55,40	2,32	86	0,357	11,24	11,24	20,84	12,60

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8. Diseño y optimización de la red de tuberías secundarias: Sector Bajo.

	Nudo Inicial	Nudo final	Long (m)	Long + 10% (m)	Cota inicial	Cota final	Superf (ha)	Supacum (ha)	Q (l/s)	Tubería	D int (mm)	v (m/s)	Nº salidas	F Christiansen	hf (m)	hfacum. (m)	H manom. inicial (m)	H manom. final (m)
SECTOR BAJO	7A	7B1	74	81,4	54,4	54,4	2,11	2,42	5,49	PEBD 63-4	55,40	2,28	20	0,400	2,81	2,81	24,41	21,60
	7B1	7B2	129	141,9	54,4	53	0	0,31	0,70	PEBD 40-4	35,20	0,72	0	1,000	2,48	5,28	21,60	20,53
	7B2	7B3	79	86,9	53	52,5	0,305	0,31	0,70	PEBD 40-4	35,20	0,72	21	0,376	0,57	5,85	20,53	20,46
	7A	7C	83	91,3	54,4	54	2,47	2,47	5,61	PEBD 63-4	55,40	2,33	22	0,374	3,06	3,06	24,41	21,75
	8A	8B	98	107,8	52,5	53,4	2,86	2,86	6,49	PEBD 75-4	66,00	1,90	26	0,370	2,00	2,00	23,98	21,08
	8A	8C	132	145,2	52,5	51,8	2,87	2,87	6,51	PEBD 75-4	66,00	1,90	35	0,365	2,67	2,67	23,98	22,01
	9A	9B1	51	56,1	51,4	50,9	0	0,9	2,04	PEBD 50-4	44,00	1,34	0	1,000	2,38	2,38	21,78	19,90
	9B1	9B2	55	60,5	50,9	51,3	0,9	0,9	2,04	PEBD 40-4	35,20	2,10	15	0,384	2,92	5,30	19,90	16,58
	9A	9C	171	188,32	51,4	51,8	2,3	2,3	5,22	PEBD 63-4	55,40	2,17	46	0,362	5,35	5,35	21,78	16,03
	10A	10B1	82	90,2	51,1	51,3	2,45	3,24	7,35	PEBD 75-4	66,00	2,15	22	0,400	2,28	2,28	20,61	18,13
	10B1	10B2	219	240,9	51,3	49,5	0,79	0,79	1,79	PEBD 50-4	44,00	1,18	14	0,387	3,10	3,10	18,13	16,83
	10A	10C	109	119,9	51,1	51,1	3,25	3,25	7,38	PEBD 75-4	66,00	2,16	29	0,369	2,81	2,81	20,61	17,80
	11A	11B	142	156,2	51	49,3	2,72	2,72	6,17	PEBD 63-4	55,40	2,56	38	0,364	6,09	6,09	22,06	17,67

Fuente: Elaboración propia.

7. EQUIPO DE FILTRADO

El filtrado es la operación más importante del sistema de riego. Debe ser perfecto, no debiendo presentar ninguna deficiencia.

Atendiendo al caudal del sector de riego más desfavorable (62,81 l/s o lo que es igual, 226,11 m³/h), se ha escogido un equipo de filtrado compuesto por dos filtros automáticos de malla en paralelo, con un caudal de limpieza de 150 m³/h cada uno.

De este modo, el equipo de filtrado elegido está compuesto por dos filtros automáticos de malla con salida de 8”. Estos se colocarán en paralelo, en el cabezal de riego, entre la bomba de impulsión y las tuberías primarias que transportan el agua, ya filtrada, hasta los distintos sectores de riego. Su disposición en planta puede observarse más detalladamente en el Plano N° 7.1. “Nave de Bombeo. Distribución”, adjunto.

Los filtros elegidos son filtros autolimpiantes en tiempo real. Esto es, cuando la pérdida de carga en el tamiz alcanza un valor preestablecido, el filtro procede a autolimpiarse, proceso que dura pocos segundos y sin interrumpir el flujo aguas abajo.

El agua sucia que ingresa por la abertura inferior del filtro (1), pasa por un disco de ingreso, es filtrada por un tamiz y sale limpia por la abertura lateral (2). En su paso por el tamiz, las impurezas crean una torta de filtrado, lo que produce un diferencial de presión ascendente, que finalmente dispara el proceso de autolimpieza al llegar al valor predeterminado en el controlador de lavado.

El controlador de lavado abre el mecanismo de escape produciendo un fuerte retrolavado focalizado hacia el exterior del filtro. Este retrolavado focalizado, realizado frente a las boquillas, produce un efecto de succión que retiran de la superficie del tamiz la torta de filtrado acumulada. El agua de retrolavado fluye luego a través del escáner a un rotor hidráulico y de ahí al mecanismo de escape, haciendo que gire el escáner de succión.

Los elementos que componen el equipo de filtrado (Figura 5), se enumeran a continuación:

1. Entrada de agua sucia.
2. Salida de agua limpia.
3. Prefiltro grueso.
4. Malla de filtrado.
5. Cámara de rotor.
6. Boquillas.
7. Escáner-aspirador.
8. Rotor.
9. Mecanismo de escape.
10. Pistón.
11. Salida de drenaje.
12. Controlador de lavado.

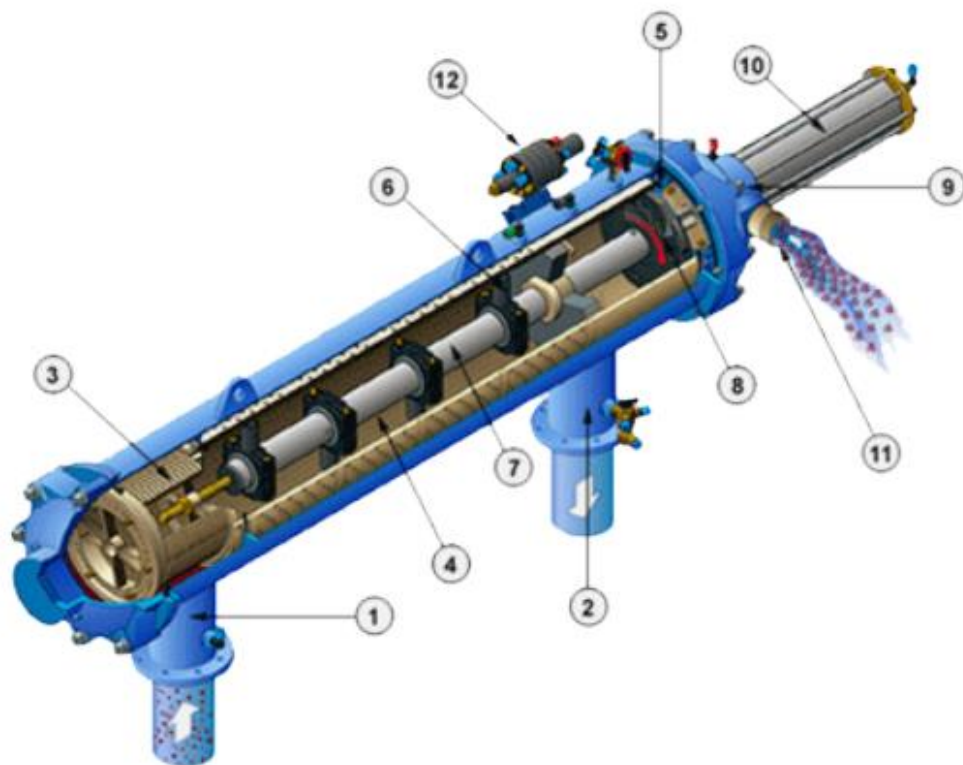


Figura 5. Elementos del equipo de filtrado

Fuente: Catálogo comercial.

8. ACCESORIOS

Para que el sistema de distribución funcione correctamente, no solo vale con un correcto diseño, sino que serán necesarios otros accesorios para conocer el caudal y la presión en determinados puntos de la red.

8.1. Reguladores de la unidad de riego

Los hidrantes reguladores de presión irán colocados en cada unidad de riego y serán de hierro galvanizado, con una válvula reguladora de presión, ventosa y manómetro.

8.2. Manómetros

Están situados en cada unidad de riego, justo antes y después de la válvula que regula la presión. También aparecen manómetros en la cabeza del riego, antes y después de cada elemento y otro en la salida del cabezal.

Los manómetros que se van a usar son de glicerina, que amortiguan las vibraciones que afecten a la medición e irán introducidos en una caja de plástico.

8.3. Ventosas

Son dispositivos mecánicos sencillos, imprescindibles en todo tipo de red de riego, cuya misión es asegurar el funcionamiento de las tuberías, regulando la cantidad de aire libre que existe en el interior de las mismas. Este dispositivo protege a la tubería resolviendo problemas hidráulicos como aplastamiento o explosiones.

Por otra parte, no todo el aire que pueda haber en el interior de las redes es perjudicial, en algunos casos la presencia de aire en las tuberías puede reducir los efectos de cavitación o de los golpes de ariete. Al mismo tiempo, la presencia de aire puede reducir el rendimiento de la red ya que el aire se acumula en los puntos altos, reduciendo la sección de paso y por tanto la capacidad de transporte pudiendo llegar a detenerse el flujo en sistemas por gravedad de baja presión.

El aire puede entrar de distintos modos, por ejemplo, cuando se pone en marcha una bomba, el aire atrapado en sus partes internas es introducido en el sistema. También la propia bomba puede crear vórtices o torbellinos.

Hay 3 tipos de ventosas:

- Trifuncional: permite la eliminación del aire durante el proceso de llenado de la conducción, la admisión de aire en el vaciado y la eliminación del aire con la conducción llena y en funcionamiento.

Esta ventosa es la más completa y se adapta a cualquier punto de la red. Su uso es esencial en puntos altos y en general, es la más usada en las conducciones por gravedad donde el proceso de llenado puede provocar la entrada parcial de aire.

El purgador es un elemento especial que está contenido en la ventosa trifuncional pero se puede montar como elemento aislado. No es un elemento muy usado en las conducciones ya que no abundan los puntos típicos de ubicación de este elemento. El punto típico de instalación es en zonas de poca pendiente y en zonas de la traza donde la línea piezométrica es paralela a la traza. El purgador tiene que tener la garantía de que va a estar aireado durante el proceso de llenado y vaciado por otro elemento.

- Bifuncional: esta solo permite la eliminación del aire en el llenado y en el vaciado. El inconveniente de este tipo de ventosas es que se pueden cerrar por aire, si éste entra en presión sin haber terminado el proceso de llenado. Hoy día este tipo de ventosa suele usarse en puntos donde el aire y el agua tienen el mismo sentido; es una ventosa muy usada en el sistema de impulsión para evitar que el aire recorra grandes distancias dentro de las tuberías.

Las ventosas se colocan según:

1. Puntos altos.
2. Cambios bruscos de pendiente. En estos sitios hay una aceleración de la velocidad del agua provocando que se bloquee el paso del aire hacia la ventosa anterior por lo que se impone la ubicación de una ventosa trifuncional en ese punto.
3. La distancia entre ventosas debe ser entre 350 y 500 metros. Si hay mucha distancia entre las ventosas, el aire puede entrar en presión y ser absorbido por el agua con los problemas que puede arrastrar en la conducción.
4. En las válvulas de corte que se proyectan.
5. En las zonas de poca pendiente y gran longitud: ahí sería idóneo colocar unpurgador para evitar el aire en la generatriz superior.

En la finca se proyectarán ventosas trifuncionales para las diferentes conducciones proyectadas, por los motivos que se han expuesto anteriormente.

Las ventosas tendrán un cuerpo de función con base de bronce roscada. La presión máxima admisible será de 16 atm. En cada uno de los hidrantes se instalará ventosas de 1” a continuación de la válvula reductora de presión.

Así mismo, se dispondrán ventosas en el cabezal de riego, que podrán ser de 3” o de 2”, en función del diámetro de la tubería en el que se dispongan.

8.4. Válvulas

8.4.1. *Válvulas en la cabeza de riego*

En las tuberías de la cabeza de riego se colocarán llaves de paso de mariposa.

Estas llaves de mariposa serán de accionamiento por manivela con diámetros nominales de llaves de paso variables según la tubería en la que se encuentren situadas. Su eje es de acero inoxidable y con cuerpo de fundición modular.

8.4.2. Válvula de paso a la entrada de cada sector de riego

A la entrada de cada sector de riego, se dispondrá una válvula de mariposa motorizada de 250 mm de diámetro. Estas se colocarán al inicio de cada tubería primaria.

8.4.3. Válvula de paso a la entrada de cada unidad de riego

En cada sector de riego habrá una válvula de paso, que permita el control de entrada a cada sector de riego y permita parar el paso de agua en el momento de alguna avería.

Serán de tipo mariposa para los hidrantes de 4” de diámetro y de esfera, para los de 2½” y 3” de diámetro.

8.5. Juntas

Las juntas son los sistemas o conjuntos de piezas utilizados para la unión de tuberías entre sí o de estas con las demás piezas del sistema de distribución. Las características mínimas que han de presentar deben igualar a las de los tubos que unen.

8.5.1. Juntas para tuberías de PVC

Se consideran dos sistemas para asegurarse la estanquidad y la resistencia mecánica en los acoplamientos de las tuberías entre sí y con las piezas especiales.

- Juntas por encolado: este tipo de juntas exige que las tuberías y piezas especiales para unión encolada sean machihembradas. El encolado se realizará aplicando un adhesivo disolvente del PVC no plastificado en las zonas de unión, que por medio de una serie de reacciones químicas produce una auténtica soldadura en frío, pero no se admitirá para la unión de tuberías de diámetro nominal superior a 150 mm.
- Juntas elásticas: este sistema garantiza una estanqueidad más eficaz que el encolado, y permite un ligero juego en las uniones de la conducción. Las uniones son más sencillas que el sistema de encolado.

En nuestro caso se colocarán uniones elásticas puesto que son más eficaces.

8.5.2. *Juntas para tuberías de PEAD*

En estas tuberías no se pueden unir por encolado ni por roscado por lo que hay que recurrir a otros medios, los medios son:

- **Racores:** Son los más usados, en cada extremo se coloca una tuerca que cierra el sistema, una junta de goma, una arandela y una mordaza. La mordaza ejerce una presión sobre el tubo debido al apriete de la tuerca. Las piezas especiales para tuberías de presión, suelen incorporar este tipo de unión para su conexión.
- **Manguitos:** colocados en el exterior o interior de las tuberías que se pretenden unir. La fijación del tubo al manguito se logra gracias a rebordes en forma de dientes de sierra. Suelen ser útiles en diámetros inferiores a 20 mm, ya que en diámetros superiores pueden provocar fisuración en las tuberías.

En nuestro caso únicamente se usarán uniones mediante manguitos para las tuberías porta-goteros, ya que dichas tuberías están sometidas a bajas presiones de trabajo.

9. BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES CONSULTADAS

- LOSADA VILLASANTE, A. (1995). Riegos. Fundamentos hidrológicos. Métodos de aplicación. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid.
- LOSADA VILLASANTE, A. (1995). El Riego. Fundamentos hidráulicos. Mundi-Prensa. Madrid.
- TARJUELO MARTÍN BENITO, J. M., (1999). El Riego por Aspersión y su Tecnología. 2ª Edición. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, Barcelona y México.
- PASTOR, M. (2005). Cultivo del Olivo con Riego Localizado. Edición: Mundi-Prensa, Madrid.

ANEJO VIII

IMPULSIÓN Y EQUIPOS DE BOMBEO

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	3
2. CÁLCULOS HIDRÁULICOS DE LAS TUBERÍAS DE IMPULSIÓN	3
2.1. Tubería de impulsión: Pozo – Balsa de almacenamiento	3
2.2. Tubería de impulsión: Balsa de almacenamiento – Riego Sector Alto	4
2.3. Tubería de impulsión: Balsa de almacenamiento – Riego Sector Bajo	5
3. CÁLCULO DE LOS EQUIPOS DE BOMBEO.....	5
3.1. Bombeo de agua de pozo a balsa de almacenamiento	5
3.2. Bombeo desde balsa de almacenamiento para riego del Sector Alto	7
3.3. Bombeo desde balsa de almacenamiento para riego del Sector Bajo.....	9
4. ELECCIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO	10
4.1. Impulsión Pozo - Balsa	10
4.2. Impulsión Balsa – Sectores de riego.....	11
5. CÁLCULO DEL GOLPE DE ARIETE.....	13
5.1. Tiempo de parada.....	14
5.2. Celeridad de la onda de propagación	15
5.3. Longitud crítica.....	16
6. APÉNDICE I. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LAS BOMBAS.....	17
7. BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES CONSULTADAS	24

1. INTRODUCCIÓN

En el presente anejo se abordará el dimensionamiento de los equipos de bombeo necesarios para la toma de agua en el pozo, que bombearán el agua hasta la balsa de regulación y almacenamiento de agua proyectada, así como para el riego por goteo de la finca. Además, se acometerá también el diseño de las tuberías de impulsión.

El diseño de los equipos se hará de forma que, de su funcionamiento, se consiga maximizar los rendimientos unitarios con los menores costes de explotación, para así incrementar la rentabilidad.

2. CÁLCULOS HIDRÁULICOS DE LAS TUBERÍAS DE IMPULSIÓN

2.1. Tubería de impulsión: Pozo – Balsa de almacenamiento

Es la tubería que conduce el agua desde el pozo hasta la balsa de regulación y almacenamiento de agua. Esta tubería de transporte proyectada será de 200 mm de diámetro de P.V.C y timbraje PN 6 atm, siendo su longitud total de 800 metros.

Para el cálculo de las pérdidas de carga se ha empleado la ecuación de Hazen-Williams (*Ec. 1*).

$$J (m/m) = 10,62 \cdot C^{-1,85} \cdot D^{-4,87}(m) \cdot Q^{1,85}(m^3/s) \quad Ec. 1$$

Donde:

- *C, coeficiente adimensional que depende del material de la conducción y del diámetro de la misma. Para PVC, Polietileno y diámetros que se manejan, se adopta un valor de $C = 150$.*

Las pérdidas de carga de la tubería de transporte, calculadas hasta la entrada de la balsa, se muestran en la Tabla 1. Los diámetros internos considerados son los correspondientes a la norma UNE-EN 1452 para el PVC.

Tabla 1. Pérdidas de carga en tubería de transporte pozo – balsa.

Tramo	Material	D _i (mm)	Z _i	Z _f	L (m)	Q (l/s)	V (m/s)	J (m.c.a.)	J+10%* (m.c.a.)
Toma en pozo– Balsa proyectada.	PVC 200-6	190,2	43,40	60,60	800	45	1,58	7,60	9,20

Fuente: Elaboración propia.

(*) Se considera un 10% por pérdidas en singularidades

De este modo, se tomará unas pérdidas de carga de 9,20 m.c.a. para el cálculo del equipo de bombeo de agua desde el pozo hasta la balsa proyectada.

2.2. Tubería de impulsión: Balsa de almacenamiento – Riego Sector Alto

Se trata de la red de tuberías primarias que conduce el agua desde la balsa de almacenamiento proyectada hasta el riego del Sector Alto. El diseño y cálculo de esta red se ha realizado en el “*Anejo VII. Cálculos hidráulicos de la red de riego*”, en el que se ha optado por una red telescópica, que comienza con una tubería de P.E.A.D. 315 mm de diámetro que une la balsa con la nave de filtrado y bombeo, seguida a partir de aquí por una tubería de P.V.C. 250 mm de diámetro y que termina con una tubería de P.V.C. 90 mm de diámetro, teniendo tramos intermedios de 200 mm, 140 mm y 125 mm de diámetro.

Para el planteamiento del cálculo, se ha establecido una presión mínima inicial en cada hidrante de 20 metros. Así mismo, se considerarán las pérdidas de carga correspondientes al trazado más desfavorable, que corresponde con el hidrante donde la altura manométrica es menor. En este caso, es el hidrante N° 6, donde el agua llegará con una altura manométrica de 20,84 metros. Las pérdidas de carga en la tubería desde la salida de la balsa hasta el citado hidrante N° 6 son de 10,66 m.c.a. (*Tabla 4, Anejo VII. Cálculos hidráulicos de la red de riego*). Así mismo, se considerará una pérdida de carga de 5 m.c.a. en el filtrado, que es la máxima que pueden tener cuando los filtros están sucios.

2.3. Tubería de impulsión: Balsa de almacenamiento – Riego Sector Bajo

Se trata de la red de tuberías primarias que conduce el agua desde la balsa de almacenamiento proyectada hasta el riego del Sector Bajo. El diseño y cálculo de esta red se ha realizado en el “*Anejo VII. Cálculos hidráulicos de la red de riego*”, en el que se ha optado por una red telescópica, que comienza con una tubería de P.E.A.D. 315 mm de diámetro que une la balsa con la nave de filtrado y bombeo, seguida a partir de aquí por una tubería de P.V.C. 250 mm de diámetro y que termina con dos tuberías de P.V.C. 90 mm de diámetro y otra en 125 mm de diámetro, teniendo tramos intermedios de 200 mm y 140 mm de diámetro.

Para el planteamiento del cálculo y al igual que para el Sector Alto, se ha establecido una presión mínima inicial en cada hidrante de 20 metros. Así mismo, se considerarán las pérdidas de carga correspondientes al trazado más desfavorable, que corresponde con el hidrante donde la altura manométrica es menor. En este caso, es el hidrante N° 10, donde el agua llegará con una altura manométrica de 20,61 metros. Las pérdidas de carga en la tubería desde la salida de la balsa hasta el citado hidrante N°10 son de 9,39 m.c.a. (*Tabla 5, Anejo VII. Cálculos hidráulicos de la red de riego*). Así mismo, se considerará una pérdida de carga de 5 m.c.a. en el filtrado, que es la máxima que pueden tener cuando los filtros están sucios.

3. CÁLCULO DE LOS EQUIPOS DE BOMBEO

3.1. Bombeo de agua de pozo a balsa de almacenamiento

Para el bombeo de agua desde el pozo hasta la balsa de almacenamiento y regulación de agua, se ha proyectado un equipo de bombeo formado por una bomba sumergida y un caudal de bombeo de 45 l/s, que impulsará el agua hasta la nueva zona de almacenamiento proyectada.

Para calcular la altura manométrica total necesaria (Tabla 2) se han tomado los siguientes datos:

- Diferencia de cota entre el nivel dinámico de agua en el pozo (43,40m) y nivel de agua en la balsa (se tomará el valor de la cota de coronación = 60,6 m): 17,20 metros.
- Perdidas en tubería de transporte: 9,20m.c.a.
- Presión en punto final: 0 m.c.a.

Tabla 2. Altura manométrica total necesaria (m).

	Diferencia Cota	Tubería	Presión	Total
H (m.c.a)	17,20	9,20	0	26,40

Fuente: Elaboración propia.

Como se ha reseñado anteriormente, el caudal a elevar por la bomba es de 45 l/s, a una altura total de 27m.c.a. La potencia absorbida en el punto de funcionamiento será (Ec. 1):

$$P_{absorbida}(C.V.) = \frac{Q \cdot H}{75 \cdot \eta_1} \quad Ec. 1$$

Donde:

- Q , Caudal de bombeo (l/s).
- H , Altura manométrica total (m).
- η_1 , Rendimiento hidráulico de la bomba en ese punto.

Sustituyendo los datos, se obtiene la siguiente potencia absorbida:

$$P_{absorbida} (C.V.) = \frac{45 \text{ l/s} \cdot 27 \text{ m}}{75 \cdot 0,775} = 20,90 \text{ C.V.}$$

$$P_{absorbida} (kW) = 20,90 \text{ C.V.} \cdot \frac{0,736 \text{ kW}}{1 \text{ C.V.}} = 15,36 \text{ kW}$$

La potencia total en el eje será (Ec. 2):

$$P_{total} = \frac{P_{absorbida}}{\eta_2} \quad Ec. 2$$

Donde:

- η_2 , Rendimiento mecánico del motor.

La potencia total en el eje será:

$$P_{total}(C.V.) = \frac{20,90}{0,96} = 21,77 C.V.$$

$$P_{total}(kW) = 21,77 C.V. \cdot \frac{0,736 kW}{1 C.V.} = 16,00 kW$$

Por lo tanto, se instalará una bomba para 45 l/s, accionada por un motor de 17,5 kW de potencia.

3.2. Bombeo desde balsa de almacenamiento para riego del Sector Alto

Para el bombeo de agua desde la balsa de almacenamiento hasta los diferentes bloques de riego del Sector Alto, se ha proyectado un equipo de bombeo formado por una bomba horizontal, que impulsará el agua a través los diferentes elementos de riego.

Como se ha comentado anteriormente, se tendrán en cuenta los siguientes datos:

- Caudal necesario para el riego del sector (calculado en “Anejo VII. Cálculos hidráulicos de la red de riego”): 62,80 l/s.
- Altura manométrica mínima en hidrante: 20 m.c.a.
- Pérdidas de carga en tuberías: 10,66m.c.a.
- Pérdida de carga máxima en filtrado: 5 m.c.a.
- Diferencia de cota entre el equipo de bombeo y el punto más desfavorable de la red de riego del Sector Alto (Tabla 3): 0,5 m

Tabla 3. Altura manométrica total (m).

H manométrica hidrante (m.c.a.)	h_f acum. tuberías (m)	h_f filtros (m)	Z_i (m)	Z_f (m)	Total (m)
20,00	10,66	5,00	56,10	56,60	36,16

Fuente: Elaboración propia.

Por tanto, la altura manométrica total considerada será de 37 metros para un caudal de 63 l/s. A continuación, se calcula la potencia absorbida en el punto de funcionamiento:

$$P_{absorbida} (C.V.) = \frac{63 \text{ l/s} \cdot 37 \text{ m}}{75 \cdot 0,828} = 37,54 \text{ C.V.}$$

$$P_{absorbida} (kW) = 37,54 \text{ C.V.} \cdot \frac{0,736 \text{ kW}}{1 \text{ C.V.}} = 27,63 \text{ kW}$$

La potencia total en el eje será (Ec. 2):

$$P_{total} = \frac{P_{absorbida}}{\eta_2} \quad Ec. 2$$

Donde:

- η_2 , Rendimiento mecánico del motor.

La potencia total en el eje será:

$$P_{total} (C.V.) = \frac{37,54}{0,939} = 39,98 \text{ C.V.}$$

$$P_{total} (kW) = 39,98 \text{ C.V.} \cdot \frac{0,736 \text{ kW}}{1 \text{ C.V.}} = 29,43 \text{ kW}$$

Por lo tanto, se instalará una bomba para 63 l/s, accionada por un motor de 30 kW (40 C.V) de potencia. Las características técnicas de la bomba seleccionada se adjuntan en el apéndice del presente anejo.

3.3. Bombeo desde balsa de almacenamiento para riego del Sector Bajo

Para el bombeo de agua desde la balsa de almacenamiento hasta los diferentes bloques de riego del Sector Bajo, se empleará el mismo equipo de bombeo calculado en el apartado anterior, puesto que es el sector más desfavorable. Esto es posible hacerlo con ayuda de un dispositivo variador de frecuencia y, dado que el riego se realizará por turnos, primero se regará un sector y, posteriormente, el otro. No obstante, se comprobará a continuación la altura manométrica total necesaria en este caso.

Como se ha comentado anteriormente, se tendrán en cuenta los siguientes datos:

- Caudal necesario para el riego del sector (calculado en “*Anejo VII. Cálculos hidráulicos de la red de riego*”): 52,26 l/s.
- Altura manométrica mínima en hidrante: 20 m.c.a.
- Pérdidas de carga en tuberías: 9,39 m.c.a.
- Pérdida de carga máxima en filtrado: 5 m.c.a.
- Diferencia de cota entre el equipo de bombeo y el punto más desfavorable de la red de riego del Sector Bajo (Tabla 4): -5 m

Tabla 4. Altura manométrica total (m).

H manométrica hidrante (m.c.a.)	h_f acum. tuberías (m)	h_f filtros (m)	Z_i (m)	Z_f (m)	Total (m)
20,00	9,39	5,00	56,1	51,1	29,39

Fuente: Elaboración propia.

Por tanto, la altura manométrica total considerada para este sector sería de 30 metros. No obstante, se empleará la misma bomba que para el Sector Alto, añadiendo un variador de frecuencia, lo que permitirá utilizar la misma bomba para ambas impulsiones.

4. ELECCIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO

4.1. Impulsión Pozo - Balsa

Para el bombeo de agua desde el pozo hasta la balsa de almacenamiento y regulación de agua, se ha escogido un equipo de bombeo formado por una bomba sumergida, según se muestra en la Figura 1.

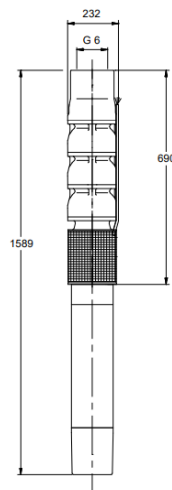


Figura 1. Croquis bomba toma en pozo.

Fuente: Catálogo comercial.

Esta bomba se ha seleccionado para un caudal de bombeo de 45 l/s (162 m³/h) y una altura manométrica de 27 metros. Su curva característica se adjunta a continuación en la Figura 2:

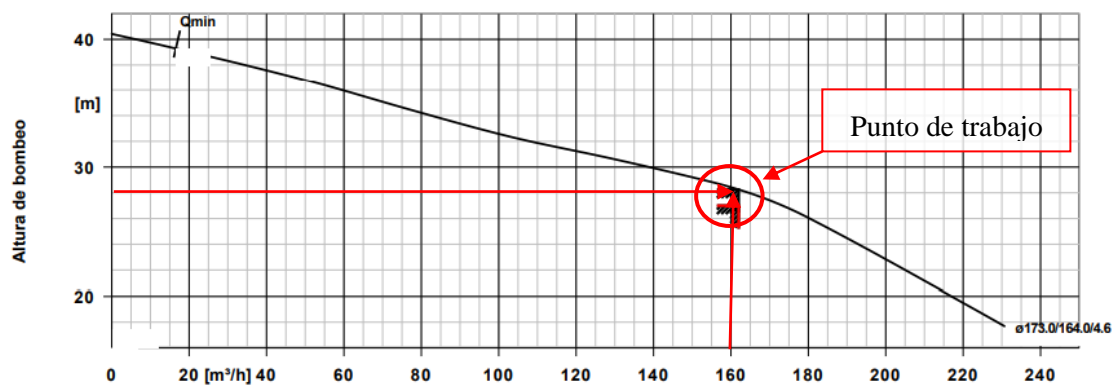


Figura 2. Curva característica para bomba de toma en el pozo.

Fuente: Catálogo comercial.

(*)Eje vertical: altura de bombeo (H), en metros.

(**)Eje horizontal: caudal (Q) en m^3/h .

Las características técnicas de la bomba seleccionada se adjuntan en el apéndice del presente anejo.

4.2. Impulsión Balsa – Sectores de riego

Para el bombeo de agua desde la balsa de almacenamiento de agua proyectada hasta los diferentes sectores de riego, se ha escogido un equipo de bombeo formado por una bomba horizontal, según se muestra en la Figura 3.

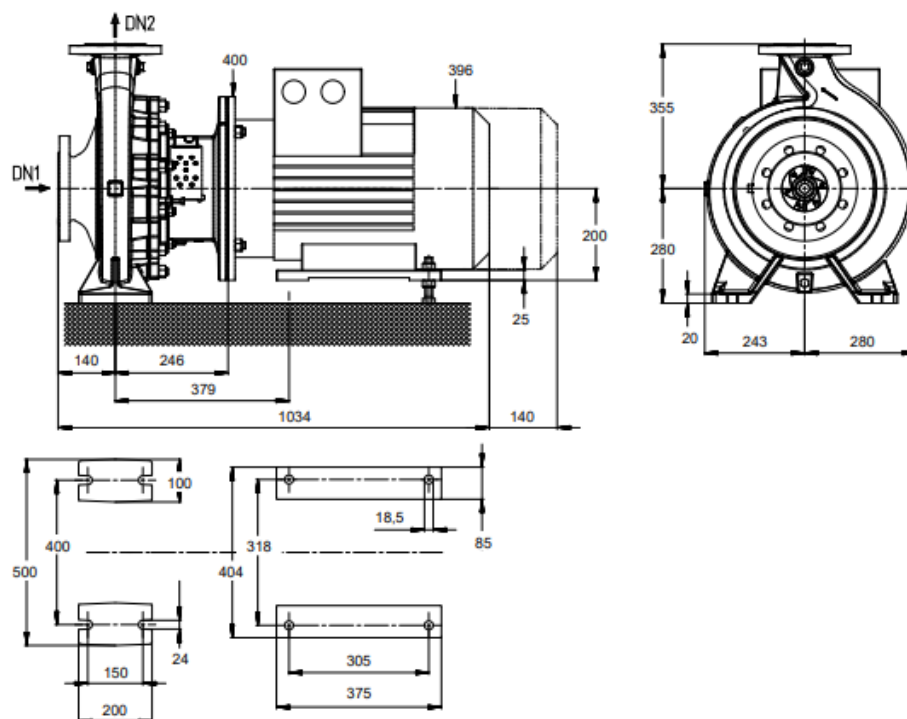


Figura 3 Croquis bomba para impulsión de agua de riego.

Fuente: Catálogo comercial.

Esta bomba se ha seleccionado para un caudal de bombeo de 63 l/s (226,80 m^3/h) y una altura manométrica de 37 metros. Su curva característica se adjunta a continuación en la Figura 4:

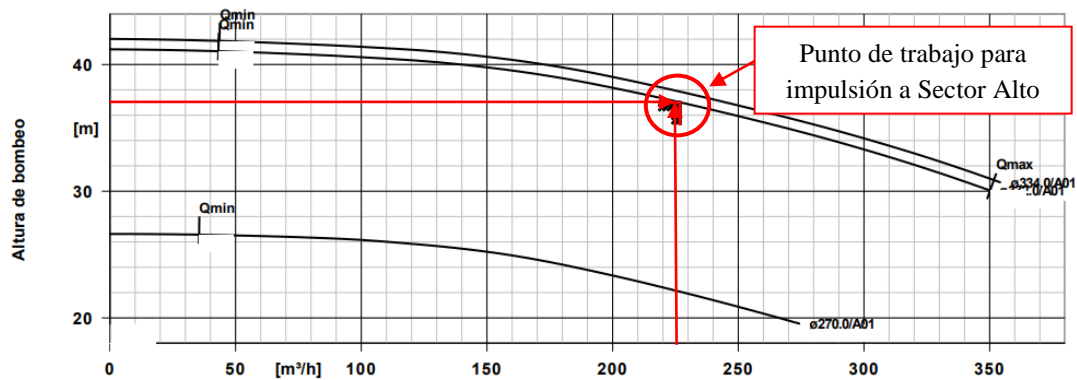


Figura 4. Curva característica para bomba de impulsión de agua para riego.

Fuente: Catálogo comercial.

(*)Eje vertical: altura de bombeo (H), en metros.

(*)Eje horizontal: caudal (Q) en m^3/h .

Como se observa, a priori, estaría sobredimensionada para el riego del Sector Bajo. Es por este motivo que se dispondrá de un variador de frecuencia.

Las bombas presentan una velocidad de giro fija, pero existe una forma de modificarla. Esto se hace a través de un variador de frecuencia, que modifica la frecuencia eléctrica transmitiendo una velocidad de giro del motor diferente y reduciendo así los efectos transitorios ocasionados en el arranque y la parada.

En nuestro caso, el objetivo es disminuir los parámetros de altura (H) y caudal (Q), pasando de 37 m a 30 m y de 63 l/s a 52,5 l/s ($189 m^3/h$). Lo que ocurre en el caso anterior es que la curva característica de la bomba se ha desplazado hacia abajo (Figura 5), disminuyendo la altura manométrica y el caudal. Es decir, si no se dispusiera un variador de velocidad, estaríamos trabajando con otra bomba, con nuevas curvas características.

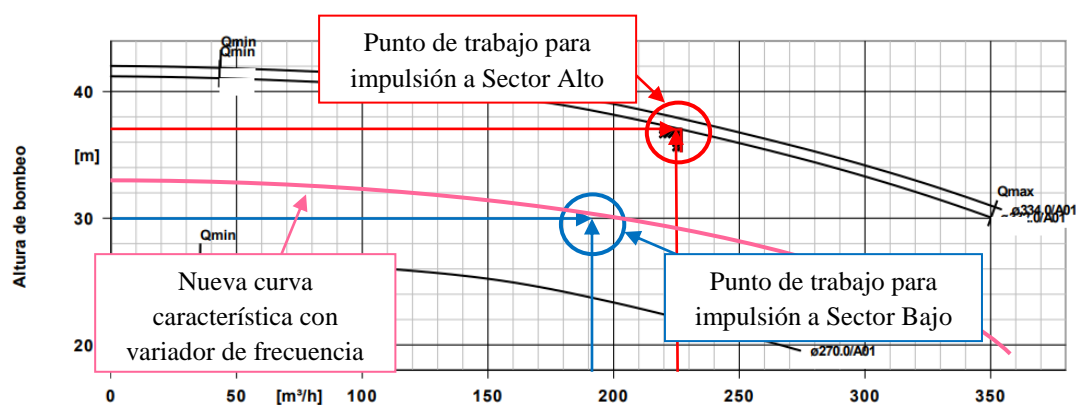


Figura 5. Curva característica para bomba de impulsión de agua para riego.

Fuente: Catálogo comercial.

5. CÁLCULO DEL GOLPE DE ARIETE

Es fundamental en toda impulsión estudiar las posibles sobrepresiones o depresiones que pudieran producirse como consecuencia de la parada brusca de los equipos de bombeo; tal caso puede presentarse ante un corte inesperado de la energía eléctrica.

El estudio se va a realizar para el bombeo correspondiente al tramo comprendido entre la toma de agua en el pozo para su bombeo hasta la balsa de almacenamiento proyectada, ya que los otros bombeos son de poca altura geométrica y no producirán una sobrepresión problemática.

El estudio se realiza mediante el método de Mendiluce, siendo los datos de partida los siguientes:

- Caudal impulsado: 45 l/s
- Desnivel geométrico: 17,20 m
- Altura manométrica: 27,0 m
- N° tramos: 1

Las características de la tubería de impulsión son (Tabla 5):

Tabla 5. Características tubería de impulsión (m).

Tramo	D _{int} (mm)	D _{ext} (mm)	Material	Mód.elastic. (E) (kg/cm ²)	Long. (m)	Velocidad (m/s)
1	190,2	200	PVC	30.000	800	1,58

Fuente: Elaboración propia.

5.1. Tiempo de parada

El tiempo de parada (T), viene expresado por la ecuación de Mendiluce (Ec. 3):

$$T = C + \frac{K \cdot L \cdot v}{g \cdot Hm} \quad \text{Ec. 3}$$

Donde:

- *T, Tiempo de parada (s).*
- *C, Coeficiente adimensional que toma los siguientes valores:*
 - C = 1,0 cuando Hm / L < 0,2*
 - C = 0,8 cuando Hm / L = 0,25 aprox.*
 - C = 0,6 cuando Hm / L = 0,35 aprox.*
 - C = 0,4 cuando Hm / L = 0,35 aprox.*
 - C = 0,2 cuando Hm / L = 0,37 aprox.*
 - C = 0 cuando Hm / L = 0,4 aprox.*
- *K, Coeficiente experimental adimensional, cuyo valor depende de la longitud de la impulsión y vale:*
 - K=2 para L<500 m*
 - K=1,75 para L=500 m*
 - K=1,5 para 500<L<1500 m*
 - K=1,25 para L=1.500 m aprox.*
 - K=1 para L>1.500 m*
- *L, Longitud de la impulsión (m).*
- *V, Velocidad de circulación del fluido (m/s).*
- *g, Aceleración de la gravedad (m/s²).*

- H_m , *Altura manométrica total (m.c.a.)*.

En este caso se obtienen: $C = 1$ y $K = 1,5$, resultando así un tiempo de parada de 8,15 s.

$$T = 1,0 + \frac{1,5 \cdot 800 \cdot 1,58}{9,81 \cdot 27,0} = 8,15 \text{ s}$$

5.2. Celeridad de la onda de propagación

Para conocer la forma de calcular la sobrepresión; es decir, para elegir la fórmula que se debe emplear, es preciso conocer el valor de la celeridad de la onda, para lo que se emplea la siguiente expresión de Allievi (Ec. 4):

$$a = \frac{9.900}{\sqrt{48,3 + K_1 \cdot \frac{D_i}{e}}} \quad \text{Ec. 4}$$

Donde:

- a , *Velocidad de propagación de la onda (m/s)*.
- D_i , *Diámetro interior del tubo (mm)*.
- e , *Espesor del tubo (mm)*.
- K_1 , *es igual a $10^6/E$; siendo E el Módulo de elasticidad del material en kg/cm^2 .*

Sustituyendo los valores anteriores se tiene una celeridad (a) de:

$$a = \frac{9.900}{\sqrt{48,3 + \frac{10^6}{30.000} \cdot \frac{190,2}{4,90}}} = 270,23 \text{ m/s}$$

5.3. Longitud crítica

La longitud crítica es aquella distancia que separa el final de la impulsión del punto crítico o de coincidencia de los valores de Michaud y Allievi, y determina si la impulsión es "corta" o "larga". Viene dada por la siguiente expresión (Ec. 5):

$$L_c = \frac{a \cdot T}{2} \quad Ec. 5$$

Donde:

- a , Velocidad de propagación de la onda (m/s).
- T , tiempo de parada (s).

Si $L_c > L$, la impulsión es "corta" y el máximo golpe de ariete vendrá dado por la siguiente expresión de Michaud (Ec. 6):

$$\Delta H = \frac{2 \cdot L \cdot v}{g \cdot T} \quad Ec. 6$$

Si $L_c < L$, la impulsión es "larga" y la sobrepresión que origina el golpe de ariete se obtiene mediante la fórmula de Allievi (Ec. 7):

$$\Delta H = \frac{a \cdot v}{g} \quad Ec. 7$$

En todo el tramo que exceda de la longitud crítica, mientras que, en el resto de la tubería, el golpe de ariete será el dado por la fórmula de Michaud, decreciente con la distancia al final.

En este caso, se obtiene que la longitud crítica es de 1.101,23 m, con lo que la impulsión es corta.

$$L_c = \frac{270,23 \text{ m/s} \cdot 8,15 \text{ s}}{2} = 1.101,23 \text{ m}$$

La máxima sobrepresión que se alcanzará en el origen de la impulsión es de 31,62 m.c.a. y, por consiguiente, la máxima presión a soportar por la tubería en dicho punto será de 48,82 m.c.a.

Dado que el timbraje de la tubería es de 60 m.c.a., no será necesario disponer de un dispositivo antiariete para evitar la rotura de la tubería.

6. APÉNDICE I. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LAS BOMBAS

A continuación, se adjuntan las características técnicas de cada una de las bombas seleccionadas.

APÉNDICE I.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LAS BOMBAS

➤ **BOMBA IMPULSIÓN POZO- BALSA****Datos de trabajo**

Caudal bombeado requerido	162,00 m³/h	Corriente volumétrica	162,00 m³/h
Altura de bombeo requerida	27,00 m	Altura manométrica sin válvula anti-retorno.	28,17 m
Medio bombeado	agua	Eficiencia sin válvula anti-retorno	77,5 %
	Agua limpia	Absorción de potencia	16,00 kW
	No contiene sustancias químicas o mecánicas que afecten a los materiales	Potencia máxima de curva	16,81 kW
Temperatura ambiente	20,0 °C	Min.caudal permitido para funcionamiento estable continuo	66,29 m³/h
Temperatura del medio a bombear	20,0 °C	Minimo caudal permitido para funcionamiento de corta duración	16,57 m³/h
Densidad del fluido	998 kg/m³	Altura de bombeo en el punto de caudal cero	40,43 m
Viscosidad del medio a bombear	1,00 mm²/s	Caudal máximo admisible	231,56 m³/h
altura lado aspiración con válvula anti-retorno	27,11 m	Diseño	Bomba individual 1 x 100%
Velocidad del caudal en torno al motor	0,2 m/s		

Ejecución

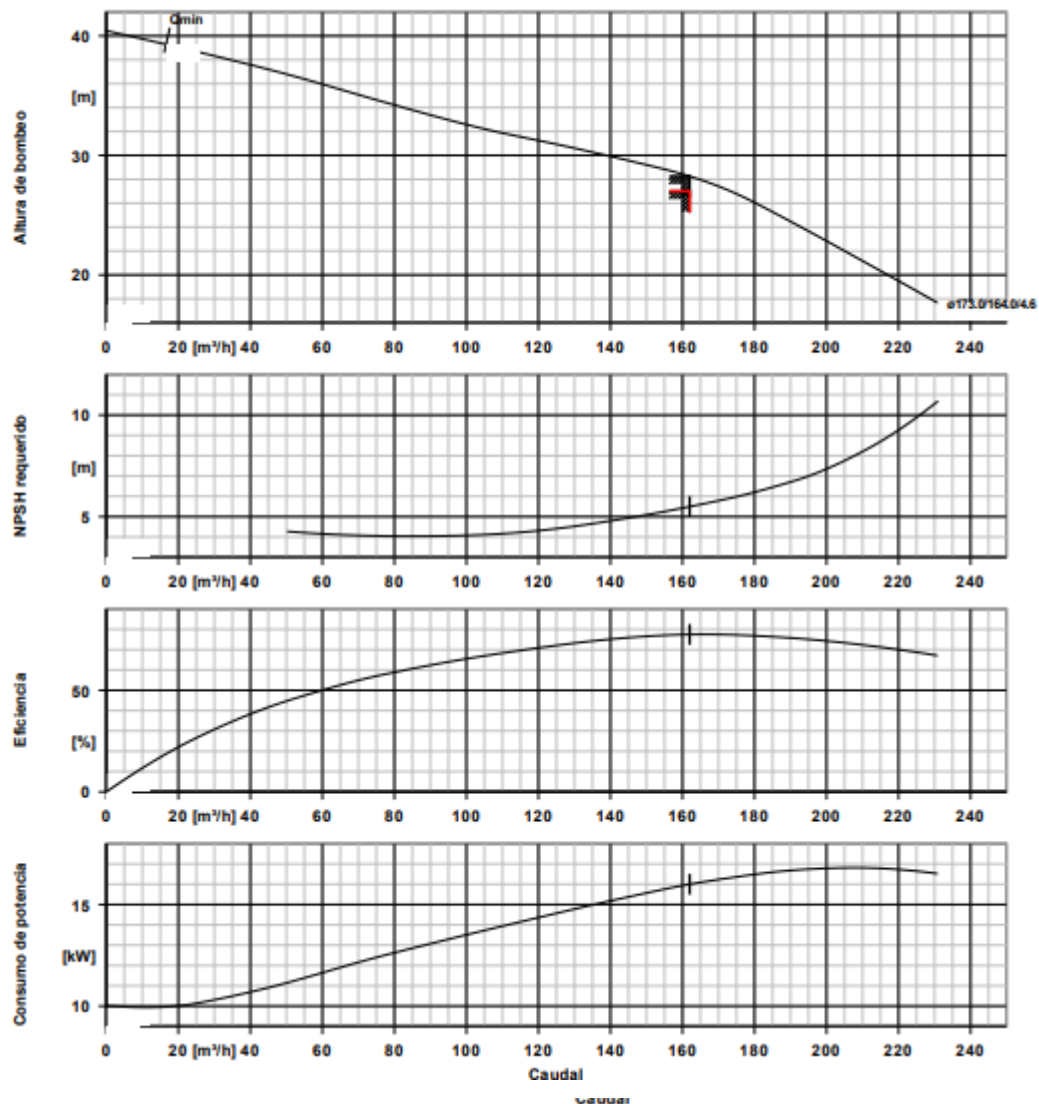
Bomba estándar	Bombas sumergibles	Mínimo nivel de fluido por encima de la bomba	0,50 m
Diseño	de acoplamiento directo	Válvula de no retorno	con
Orientación	Vertical	Filtro de aspiración	con
Diseño de acuerdo con la norma	Agua potable de acuerdo con ACS	Placa de válvula taladrada	no
Descarga norma de conexión	EN ISO 228-1	Tapa de aspiración	Sin
Diám.nominal descarga	G 6	Soporte de cojinete	Sin
Presión nominal de descarga	PN 40	Máx.diámetro exterior	232,0 mm
Anillo rozante	Anillo partido	Longitud total de la unidad	1589,0 mm
Diámetro del rodete	169,0 mm		

Accionamiento, accesorios

Tamaño del motor	150E	Tipo de corriente	Trifásico (3~)
Diseñado para trabajar con variador de frecuencia	no	Llenado agua potable	no
Velocidad del motor	2882 rpm	Bobinado J2	no
Frecuencia	50 Hz	Extensión cable	Conectar prolongador de cable en fábrica
Voltaje de régimen	400 V	Cable corto	F3+F4
Potencia dimensionada P2	17,50 kW	Corte transversal con cable corto	2,50 mm²
Reserva disponible	10,05 %	Longitud de cable corto	4,00 m
Corriente de régimen	40,3 A	Diseñado con cables de prolongación para tipo de instalación libre de aire en contacto con superficies.	
Clase de protección del motor	IP68	Pantalla del cable	Sin
Coseno phi a plena carga (4/4)	0,77	Tipo de rosca	Sin
Rendimiento del motor a plena carga (4/4)	81,8 %		
Modo de arranque	Estrella - triángulo		

Materiales Bomba G - Materiales Accionamiento C1

Indicaciones	Anillo partido (502)	CC491K-GC
Ammonium (NH4+) <= 2 mg/kg, free of H2S; Chlorine (Cl2) <=0.6 mg/kg.	Casquillo de cojinete (529)	Acero al cromo 1.4021+QT800
Criterios generales para un análisis de agua:pH-valor>=7; contenido cloruro (Cl)<=250 mg/kg. Cloro (Cl2)<=0.6 mg/kg.	Casquillo de cojinete (545)	KHT
Carcasa de aspiración (106)	Cuerpo de válvula (751)	Hierro fundido EN-GJL-250+sin revestimiento protección
		Acero CrNi 1.4301
Cuerpo de etapa (108)	Estátor (81-59)	1.4021+QT
	Eje del motor (819)	CU-caucho
	Cable del motor (824)	
Eje de la bomba (211)		
Rodete de giro a la derecha (232)		
Soporte de cojinete (382.51)		



Datos de curvas

Velocidad de giro	2893 rpm	Altura manométrica sin válvula anti-retorno.	28,17 m
Densidad del fluido	998 kg/m³	Eficiencia sin válvula anti-retorno	77,5 %
Viscosidad	1,00 mm²/s	Absorción de potencia	16,00 kW
Corriente volumétrica	162,00 m³/h	NPSH requerido	5,49 m
Caudal bombeado	162,00 m³/h	Número de curva	K3400.52.41/st1
Altura de bombeo requerida	27,00 m	Diámetro efectivo del rodete	169,0 mm

Motor		Conexiones	
Fabricante del motor	KSB	Tamaño descarga nominal	G 6 / EN ISO 228-1
Tamaño del motor	150E	DN2	
Potencia del motor	17,50 kW	Régimen presión de	PN 40
Nº de polos	2	descarga	
Velocidad de giro	2882 rpm		
Nota:		Peso neto	
Las dimensiones mostradas reflejan el número de etapas real. El plano es sólo simbólico		Rosca	0 kg
		Bomba	67 kg
		Motor, cable	65 kg
		Total	132 kg
Conectar tuberías sin tensión o resistencia		Ver plano extra para las conexiones auxiliares	

➤ BOMBA IMPULSIÓN BALSA- SECTORES DE RIEGO

Datos de trabajo

Caudal bombeado requerido	226,80 m³/h	Corriente volumétrica	226,86 m³/h
Altura de bombeo requerida	37,00 m	Altura de bombeo	37,02 m
Medio bombeado	agua	Eficiencia	82,8 %
	Agua limpia	IEM (índice de eficiencia mínima)	≥ 0,50
	No contiene sustancias químicas o mecánicas que afecten a los materiales	Absorción de potencia	27,58 kW
Temperatura ambiente	20,0 °C	Velocidad de rotación de la bomba	1473 rpm
Temperatura del medio a bombear	20,0 °C	NPSH requerido	2,37 m
Densidad del fluido	998 kg/m³	Presión permitida de trabajo	16,00 bar.r
Viscosidad del medio a bombear	1,00 mm²/s	Pres. descarga	3,62 bar.r
Máx presión de aspiración	0,00 bar.r	Min gasto másico permitido para funcionamiento estable continuo	11,96 kg/s
Rata de caudal de masa	62,89 kg/s	Caudal de masa máximo admisible	97,08 kg/s
Potencia máxima de curva	34,85 kW	Diseño	Bomba individual 1 x 100% Sin; tolerancias según ISO 9906 clase 3B
Min.caudal permitido para funcionamiento estable continuo	43,15 m³/h		
Altura de bombeo en el punto de caudal cero	41,20 m		

Ejecución

Bomba estándar	EN 733	Código	11
Diseño	de acoplamiento directo	Plan de estanqueidad	Cierre mecánico de simple efecto con cámara de aireación (tapa de la carcasa tipo A, taladrado cónico)
Orientación	Horizontal	A liquid free of solids is assumed	
Diam. Nominal de aspiración	DN 150	Cámara de montaje de la junta	Cámara cónica de junta (Tapa A)
Presión nominal de aspiración	PN 16	Protección contra contactos involuntarios	con
Posición de aspiración	axial	Anillo rozante	Anillo partido
Brida de aspiración taladrada de acuerdo con norma	EN1092-2	Diámetro del rodete	332,0 mm
Diám.nominal descarga	DN 125	Tamaño paso libre	22,6 mm
Presión nominal de descarga	PN 16	Montaje de bomba sin silicona	Sí
Posición de la tubuladura de presión	arriba (0° / 360°)	Construcción de la abrazadera de sujeción	de acoplamiento directo
Brida de descarga taladrada de acuerdo con la norma.	EN1092-2	Tamaño del soporte del cojinete	55
Cierre del eje	GLRD de efecto sencillo	Tipo de cojinete	Rodamiento
Fabricante	KSB	Tipo de lubricación	Grasa
Type	1	Color	Azul ultramarino (RAL 5002)
Código de material	BQ1EGG-WA		Azul KSB

Accionamiento, accesorios

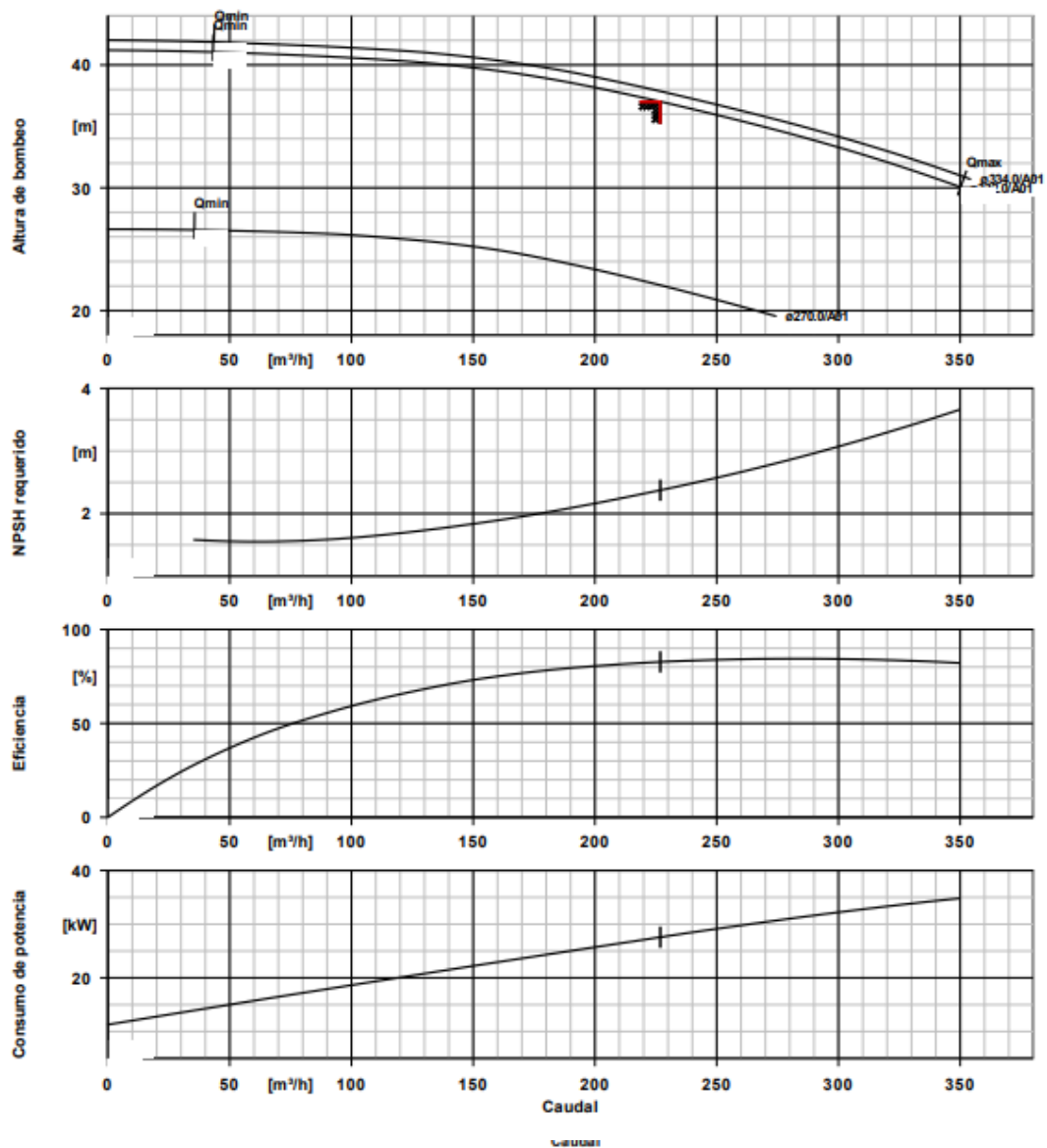
Tipo de accionamiento	Motor eléctrico	Clase de aislamiento	F según IEC 34-1
Accionamiento mecán. estándar	IEC	Clase de protección del motor	IP 55
Modelo (marca)	Motor KSB	Coseno phi a plena carga (4/4)	0,84
Accionamiento suministrado por	Motor estándar suministrado por KSB - montado por KSB	Rendimiento del motor a plena carga (4/4)	93,6 %
Formato constructivo del motor	V15	Órgano sensorio de temperatura	3 termistores
Tamaño del motor	200L	Posición de la caja de bornes	0° (arriba)
Clase de rendimiento	Clase de rendimiento IE3 según IEC60034-30-1		Vista sobre la tubuladura de aspiración
Velocidad del motor	1473 rpm	Bobinado del motor	400 / 690 V
Frecuencia	50 Hz	Nº de polos	4
Voltaje de régimen	400 V	Clase de conexión	triángulo
Potencia dimensionada P2	30,00 kW	Método de refrigeración del motor	Enfriamiento de la superficie
Reserva disponible	8,76 %	Material del motor	Aluminio
Corriente de régimen	59,2 A	Operación con inversor de frecuencia permitida	FI permitido
Relación de la corriente de arranque	7,7	Nivel de presión acústica del motor	70 dBA

Materiales G

Consejo 1

Criterios generales para un análisis de agua: pH-valor >= 7; contenido cloruro (Cl) <= 250 mg/kg. Cloro (Cl2) <= 0.6 mg/kg.

Caja espiral (102)	Hierro fundido EN-GJL-250/A48CL35B	Junta plana (400)	Placa de cierre DPAF sin amianto
Tapa del cárter (161)	Hierro fundido EN-GJL-250/A48CL35B	Anillo partido (502.1)	Fundición gris GG/CAST IRON
Pie de apoyo (183)	Sin	Anillo partido (502.2)	Fundición gris GG/CAST IRON
Eje (210)	Acero bonificado C45+N	Casquillo del eje (523)	Acero CrNiMo
Rodete (230)	Hierro fundido EN-GJL-250/A48CL35B	Tornillo prisionero (902)	Acero 8.8
Linterna del accionamiento (341)	Hierro fundido EN-GJL-250/A48CL35B	Tuerca (920.01)	8+A2A/ 8+B633 SC1 TP3
		Tuerca (920.95)	Acero 8



Datos de curvas			
Velocidad de giro	1473 rpm	Eficiencia	82,8 %
Densidad del fluido	998 kg/m³	IEM (índice de eficiencia mínima)	≥ 0,50
Viscosidad	1,00 mm²/s	Absorción de potencia	27,58 kW
Corriente volumétrica	226,86 m³/h	NPSH requerido	2,37 m
Caudal bombeado	226,80 m³/h	Número de curva	K1311.454/52
Altura de bombeo	37,02 m	Diámetro efectivo del rodete	332,0 mm
Altura de bombeo requerida	37,00 m		

7. BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES CONSULTADAS

- LOSADA VILLASANTE, A. (1995). El Riego. Fundamentos hidráulicos. Mundi-Prensa. Madrid.
- ITT INDUSTRIES, (2004). Bombas Sumergibles y Estaciones de Bombeo. 1ª Edición.

ANEJO IX
FERTIRRIGACIÓN

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	4
2. FUNDAMENTOS DE LA FERTIRRIGACIÓN. VENTAJAS EINCONVENIENTES	4
2.1. Ventajas de la fertirrigación.....	4
2.2. Inconvenientes de la fertirrigación	5
3. ANALISIS FOLIARES Y DE SUELO	5
3.1. Análisis de suelo	5
3.2. Análisis foliares	6
3.3. Corrección de deficiencias	8
3.3.1. <i>Nitrógeno (N)</i>	8
3.3.2. <i>Potasio (K)</i>	9
3.3.3. <i>Fósforo, P</i>	10
3.3.4. <i>Calcio, Ca</i>	11
3.3.5. <i>Magnesio, Mg</i>	11
3.3.6. <i>Manganeso (Mn), cinc (Zn) y cobre (Cu)</i>	11
3.3.7. <i>Hierro, Fe</i>	11
3.3.8. <i>Boro, B</i>	12
3.3.9. <i>Sodio (Na) y Cloro (Cl)</i>	13
4. REQUISITOS Y PRECAUCIONES DE LOS ABONOS EN FERTIRRIEGO.....	13
4.1. Requisitos.....	13
4.2. Precauciones en el uso de abonos	14
5. SISTEMA EMPLEADO	14
6. ELECCIÓN DE LOS FERTILIZANTES	15
7. NECESIDADES DE ABONADO	16
7.1. Aportes del agua de riego	16

8.	NECESIDADES DEL CULTIVO Y CÁLCULO DE ABONADO	18
9.	PROGRAMA DE ABONADO DEL OLIVAR CON FERTIRRIEGO.....	21
10.	EQUIPO DE FERTIRRIEGO	24
10.1.	Sistemas de inyección de abonos	24
10.2.	Elección del equipo	25
10.3.	Depósitos de almacenamiento	27
10.4.	Contador de agua.....	27
11.	PREVENCIÓN DE OBTURACIONES.....	28
11.1.	Limpieza de la red	28
11.2.	Filtrado	29
12.	BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES CONSULTADAS	30

1. INTRODUCCIÓN

El fertirriego agrícola es una técnica que se caracteriza por la entrega dosificada de nutrientes y otros insumos a la planta a través del riego localizado. La fertirrigación es de gran importancia ya que usa conjuntamente agua y fertilizantes con el objetivo de ahorrar agua, nutrientes e incrementar los rendimientos de los cultivos.

En este anejo se va a elegir y caracterizar el sistema de fertirrigación que más se adapta al cultivo y a las necesidades del suelo.

2. FUNDAMENTOS DE LA FERTIRRIGACIÓN. VENTAJAS EINCONVENIENTES

Los principios en los que se apoya esta técnica son:

- Cada aplicación de riego debe incorporar fertilizantes para equilibrar la dosis hídrica y restituir lo consumido.
- Las exigencias nutritivas cambian según el estado fenológico de la planta.
- Hay que realizar análisis foliares y de suelo para controlar problemas como la salinidad o de abastecimiento nutritivo en la planta.

El objetivo de la fertirrigación es que la planta disponga de nutrientes, ya sea directamente por la solución aportada o por el complejo de cambio. Al mismo tiempo, al introducir los insumos por el riego se produce un mayor ahorro y mejor uso del agua.

2.1. Ventajas de la fertirrigación

- Incremento del rendimiento y la calidad del producto final.
- Mayor asimilación de los insumos.
- Óptima distribución de los nutrientes tanto por homogeneidad como por el perfil del suelo.
- Ahorro de fertilizantes, ya que hay menores pérdidas por volatilización o lixiviación.

- Abonado óptimo según las necesidades del cultivo en el tiempo.
- Posibilidad de aplicar otros productos como herbicidas, insecticidas o fungicidas.
- Menor contaminación de los acuíferos, ya que hay menores pérdidas por lixiviación.

2.2. Inconvenientes de la fertirrigación

- Alta inversión inicial de equipos e instalaciones de los mismos.
- Formación básica para el manejo de los equipos.
- Mayor probabilidad de obturaciones.
- Aumento de la salinidad del agua de riego.
- Falta de micronutrientes debido a la pureza de los abonos líquidos.
- El sistema de riego tiene que tener una buena uniformidad para garantizar la correcta distribución en el suelo.

3. ANALISIS FOLIARES Y DE SUELO

Tanto el análisis foliar como el de suelo, son los mejores métodos para poder conocer el estado nutritivo tanto del suelo como de la planta. Estos análisis sirven además, para poder evaluar las distintas respuestas que tienen a los abonados la planta.

3.1. Análisis de suelo

El análisis de las características del suelo es una herramienta de utilidad limitada para determinar las necesidades nutritivas durante la vida del olivar. Esto se debe a que el contenido de nutrientes del suelo no siempre está relacionado con el de la planta. Sólo en el caso de que el nivel sea muy bajo nos indicará que hay que abonar con ese elemento, pero seguramente esta carencia ya se habrá manifestado externamente. Por otro lado, un nivel normal en el análisis tampoco indica que en la planta haya un buen nivel, puede ocurrir bloqueo de algún elemento en el suelo. Este es el caso de la clorosis férrica, que a pesar de que haya en el suelo una cantidad adecuada de hierro, este puede

estar bloqueado por la presencia de carbonatos o bicarbonatos, normalmente en suelo con pH alto. También la deficiencia de potasio en plantas situadas en suelo con un buen nivel es provocada por una insuficiente cantidad de agua en el suelo que bloquea la absorción. Tampoco sirve el análisis de suelo para detectar carencia de nitrógeno, ya que este elemento es muy móvil disuelto en agua de lluvia o riego, por lo que no es posible conocer la disponibilidad real de este nutriente a través de estos análisis.

La verdadera utilidad del análisis de suelo está en diagnosticar toxicidades causadas por un exceso de sales, particularmente las causadas por exceso de sodio (Na), cloro (Cl) y boro (B), aún cuando el olivo es una de las especies leñosas más tolerantes a la salinidad.

Por todo esto, se realizará un análisis de suelo para conocer las propiedades físicas y químicas de este cada 5 o 6 años. Con lo cual se podrá hacer un seguimiento de la evolución de las propiedades químicas que pueden afectar directamente a la nutrición en el futuro.

3.2. Análisis foliares

El análisis químico de una muestra de hojas de los árboles es el mejor método de diagnóstico del estado nutritivo de una plantación. Este análisis es una poderosa herramienta con la que se detectan niveles bajos de nutrientes, se identifican desórdenes nutritivos, sirve para medir las respuestas a programas de fertilización y para detectar toxicidades causadas por cloro (Cl), boro (B) y sodio (Na) en el suelo o en el agua de riego.

En el análisis foliar, el estado nutritivo de una planta va a depender de muchos factores: climatología, estado fenológico y humedad del suelo.

Normalmente, los análisis foliares se hacen una vez al año para poder ver la respuesta que tiene la planta al abonado de ese año y poder aumentar o disminuir las dosis de abonados según los resultados que se produzcan.

La toma de hojas para la realización del análisis foliar es una operación de gran importancia, de la que depende, en gran parte, el éxito o fracaso del resultado práctico del análisis. Por tanto, debemos tener en cuenta los siguientes aspectos al realizar el muestreo.

- Escoger las hojas de la periferia del árbol, ya que las del interior, debido a su menor actividad fotosintética, distorsionarían el diagnóstico de determinados elementos.
- Para evitar la influencia de la orientación se tienen que tomar hojas (limbo y peciolo) de los cuatro puntos cardinales.
- Respecto a la altura, deberán ser tomadas, aproximadamente, sobre la zona media de la copa del árbol (1,5 a 2 m).
- Se deberán tomar las hojas de brotes del año, sin fruto, desechándose las de los extremos, ya que las de la base pueden encontrarse deterioradas y las del ramillete terminal encontrarse todavía en proceso de crecimiento.
- En cuanto a la toma de muestras, estas se tomarán en el mes de Julio.
- Mediante este tipo de análisis foliares, se puede conocer la cantidad exacta de abono y de qué tipo, para cubrir las necesidades nutritivas que podría tener la planta. Por ello, es muy útil estudiar los niveles críticos en las áreas foliares del olivo que van independiente de factores climatológicos o edáficos del medio.

A continuación, se muestra la Tabla 1, que expresa los niveles críticos orientativos en la hoja de olivo. Esta información se puede obtener del Reglamento Específico de Producción Integrada del Olivar, que se encuentra en la Orden 15/04/2008 del BOJA nº 83 del 25/04/2008.

Tabla 1. Niveles nutritivos orientativos en hoja del olivo (sobre peso seco).

Elemento	Deficiente (MB)	Bajo (B)	Normal (N)	Alto (A)
N (%)	<1,4	1,41-1,50	1,51-2,00	>2,00
P (%)	<0,05	0,06-0,09	0,10-0,30	-
K (%)	<0,4	0,40-0,79	0,80-1,00	>1,00
Ca (%)	<0,3	0,30-10,00	>1,00	-

Elemento	Deficiente (MB)	Bajo (B)	Normal (N)	Alto (A)
Mg (%)	<0,08	0,08-0,10	>0,10	-
Mn (p.p.m)	-	-	>20,00	-
Zn (p.p.m)	-	-	>10,00	-
Cu (p.p.m)	-	-	>4,00	-
B (p.p.m)	<14,00	14,00-19,00	20,00-150,00	-

Fuente: Junta de Andalucía, 2018.

3.3. Corrección de deficiencias

3.3.1. Nitrógeno (N)

Este es el único elemento que hay que aportar anualmente, la mayoría de los suelos son deficitarios en este elemento y además se pierde con mucha facilidad por su movilidad.

Este elemento es el que se requiere en mayores cantidades y por tanto es la base de la fertilización del olivar.

Un exceso de abonado nitrogenado repercute negativamente en el olivar, ya que los árboles pueden hacerse más susceptibles a plagas y enfermedades, más sensibles a heladas y puede ocasionar desórdenes fisiológicos que afecten a la calidad del fruto.

Puesto que la fertirrigación es una herramienta que permite aportar nutrientes en el momento en el que lo necesita la planta y aumentar la eficiencia de los fertilizantes, en los olivares de riego no se tenderá a un aumento abusivo de la dosis de nitrógeno, aportando este elemento a lo largo de todo el ciclo vegetativo y de la forma más fraccionada posible.

Estudios recientes demuestran que es mejor la aplicación de N en forma amoniacal(NH_4^+) que nítrica (NO_3^-) cuando se utiliza fertirrigación. Esto se debe a que

la absorción amoniacal es mucho mayor. Las pérdidas por lavado del N amoniacal son menores, el N amoniacal se oxida fácilmente, por lo que la raíz tendrá a su disposición ambas formas de N (amoniacal y nítrico), siendo este equilibrio el que ocasiona una mayor absorción de nitrógeno. Por tanto el producto elegido a usar es la urea (46 % de riqueza).

Si el nivel de nitrógeno es inferior a 1,50 %, deberán aportarse cantidades mayores a las referidas anteriormente, hasta corregir el estado de deficiencia. Una vez corregidas las deficiencias se seguirán las recomendaciones señaladas en párrafos anteriores.

La eficiencia del uso del nitrógeno (EUN) es la cantidad de nitrógeno absorbida por la planta dividida por la cantidad total de nitrógeno aplicado en forma de abono. El valor de la EUN varía entre el 25 y el 50 %, lo que pone de manifiesto que la mayor parte del nitrógeno aportado se pierde. Para mantener o aumentar la EUN hay que tener en cuenta que no se debe aplicar a suelos con un nivel adecuado del elemento y que durante la época de reposo (invierno), la EUN es menor.

3.3.2. *Potasio (K)*

La carencia de potasio es muy a menudo confundida con la de boro, ya que sus síntomas son muy parecidos en ocasiones. La deficiencia de potasio está provocada principalmente por suelos pobres en potasio, baja temperatura del suelo, baja humedad del suelo, la carga del árbol y las interacciones con el calcio y magnesio.

Es importante que los niveles de potasio no disminuyan por debajo de la deficiencia puesto que es muy difícil elevar el nivel en hoja hasta valores adecuados. En el caso que nos ocurra, a pesar de que el suelo muestra un alto nivel de potasio, el nivel en hoja (0,77 %) está en el límite inferior de lo que se considera adecuado (0,8 %), posiblemente por efecto de interacciones con el calcio o por la falta de humedad en el suelo. Es necesario por tanto el abonado potásico, se aconseja la aplicación de 1 – 3 kg de potasio por árbol para corregir la deficiencia, y cuando esté instalado el riego

localizado y la humedad no sea factor limitante puede aplicarse en forma de sulfato potásico al suelo, por fertirrigación.

También da buenos resultados pulverizaciones de nitrato potásico a concentraciones de 2,5 a 3 % p/v aplicadas en primavera, verano y otoño sobre árboles en actividad vegetativa y aprovechando los tratamientos fitosanitarios.

La extracción de potasio por los frutos es muy elevada, máxima a final del invierno, cuando se retrasa en exceso la fecha de recolección. Esta es una de las razones para recomendar la recogida temprana de las aceitunas, cuyo retraso no aporta ningún tipo de beneficio, y aumenta las extracciones de K por los frutos.

3.3.3. *Fósforo, P*

El fósforo es un elemento fundamental para la vida del vegetal. Es indispensable para la división celular y el desarrollo de los tejidos meristemáticos, estando íntimamente ligado al transporte de la energía captada para la fotosíntesis, en la que se produce la fijación de carbono.

Es muy raro que aparezcan deficiencias de fósforo en plantaciones de olivar, sin embargo, en los análisis de suelo realizados se ha detectado una ligera carencia. Esto implica que es necesario un abonado fosfórico para restituir los niveles. Las deficiencias de fósforo, a corto plazo pueden corregirse mediante aportaciones foliares de fosfato monoamónico (2 – 3 % p/v), y no se empleará la aportación al suelo porque al tratarse de un suelo calizo, la fertilización sería poco eficaz a corto plazo.

El fósforo lo absorbe la planta únicamente en la forma iónica del ácido ortofosfórico, después de una oxidación muy laboriosa a la que se llega después de una lenta disociación de los fosfatos de calcio, hierro y aluminio que se hallan en las reservas del suelo, o bien que se encuentran en este por la adición de abonos fosfatados.

3.3.4. *Calcio, Ca*

En los suelos normalmente calizos, como el de la finca en estudio, es difícil encontrar deficiencia en este elemento. Sin embargo, el exceso de calcio puede ser el causante de la deficiencia en potasio y magnesio, ya que estos tres iones interactúan entre sí.

3.3.5. *Magnesio, Mg*

La deficiencia de magnesio es muy rara, esta carencia podría ser debida a altas concentraciones de potasio, calcio y amonio en el suelo, pues el magnesio es el peor entre esos iones.

La corrección de la deficiencia de magnesio, puede realizarse mediante pulverización foliar con sulfato de magnesio (epsomita) a la dosis orientativa de 0,7 %.

3.3.6. *Manganeso (Mn), cinc (Zn) y cobre (Cu)*

Se conoce muy poco sobre los requerimientos del olivo en estos tres elementos. En el caso del cobre, los niveles suelen ser muy altos pues este elemento forma parte de los tratamientos fungicidas del olivar. Respecto al manganeso se procede a su corrección cuando presenta valores menores de 20 ppm. Este elemento es esencial para la respiración de la planta y el metabolismo del nitrógeno. Los niveles bajos de manganeso en hoja suelen estar causados por bajo contenido en el suelo o por estar en forma poco asimilable.

En el caso de carencias de manganeso se logra corregir con aplicaciones foliares de sulfato de manganeso a concentraciones de 0,5 % en otoño y primavera.

3.3.7. *Hierro, Fe*

A través del análisis foliar no podemos detectar deficiencia de hierro, como ya se ha indicado anteriormente, pues este elemento se acumula en las hojas aún en condiciones de deficiencia. Sólo los síntomas visuales de clorosis férrica sirven para

diagnosticar la deficiencia de hierro. Es frecuente que esta carencia sea producida por la alta presencia de calcio en el suelo.

La corrección de esta carencia es fácil pero cara. La aplicación de quelato de hierro (EDDHA) al suelo en el momento de inicio de la brotación y al final del verano, coincidiendo con las dos épocas de mayor actividad vegetativa. Se aplicarán a través de la propia instalación de riego por goteo. La aplicación foliar da resultados poco satisfactorios y poco persistentes en el tiempo. Otro método mediante el que se puede aplicar es a través de inyecciones al tronco de los árboles cada cuatro años.

3.3.8. Boro, B

Es el boro uno de los nutrientes de más baja movilidad en la planta, ocasionando sus deficiencias irregularidades en el crecimiento y floración (polinización y cuajado de frutos).

Es muy frecuente la confusión de los síntomas producidos por la deficiencia de boro con los de potasio, aunque si se observan con detenimiento son bastante diferentes. En el caso del boro la sintomatología empieza con una decoloración de las hojas a partir del ápice y hacia la base, virando progresivamente hacia el verde pálido y secándose gradualmente hasta producirse la caída de la hoja. En casos de deficiencia severa suele observarse también una deformación característica de los frutos (cara de moro), así como una defoliación de ramas, dando lugar a la característica escoba de bruja.

En caso de carencia diagnosticada se puede aplicar 25 – 40 g de B/árbol al suelo. En suelos calizos con $\text{pH} > 8$ y en secano es preferible la aplicación foliar de 0,1 % de B antes de la floración. Otra solución sería añadir “Bórax” al suelo en dosis de 225 – 450 g/árbol, lo que debería ser suficiente para varios años. Cuando existe riego se puede aplicar por fertirrigación como es nuestro caso.

3.3.9. Sodio (Na) y Cloro (Cl)

Un exceso de estos iones en el suelo puede ocasionar toxicidad en las plantas. Es conveniente controlar el contenido de estos iones en hojas para conocer problemas provenientes del suelo, no en este caso, en el que los niveles de sodio y cloro del suelo son normales, y también el nivel de sodio del agua de riego.

4. REQUISITOS Y PRECAUCIONES DE LOS ABONOS EN FERTIRRIEGO

4.1. Requisitos

Los requisitos de los abonos en el fertirriego se pueden simplificar en 4 puntos importantes:

- **Salinidad:** Los abonos son sales, por lo que provoca un aumento de concentración de sales en el agua de riego; también hay cierta toxicidad con algunos iones, sobre todo con sulfatos y cloruros, provocando un mayor aumento de la salinidad con estos iones.
- **Pureza:** Hay que saber la cantidad que se va a suministrar de cada cosa para evitar efectos negativos en la planta. Si un fertilizante tiene impurezas pueden provocar obturaciones en el sistema de riego, provocando una disminución de la eficiencia del riego y por consiguiente una disminución de la producción.
- **Solubilidad:** Los abonos tienen que ser solubles al agua y a temperaturas normales de trabajo para evitar obturaciones, es un factor importante a la hora de elegir el tipo de abono, ya que tiene que ser compatible con otros abonos y la misma agua de riego.
- **Inocuo y densidad conocida:** Inocuo para evitar riesgos a los materiales y personas en su manejo y la densidad va referido a los fertilizantes líquidos para poderlos dosificar adecuadamente.

En cuanto a los abonos fosfóricos que son los que más riesgo de obturaciones producen se suelen usar sales más solubles como el polifosfato de amonio (NH_4PO_3) puesto que es muy soluble y móvil en el suelo.

Para el potasio, se realiza mediante sulfato potásico (K_2SO_4) y nitrato potásico (KNO_3). Los déficit de magnesio, se suelen tratar con nitrato magnésico ($Mg(NO_3)_2$).

También, para las carencias de calcio no se suele introducir nada en el sistema de fertirriego porque precipita con los aniones.

4.2. Precauciones en el uso de abonos

- Uso de elementos de protección en el manejo de los fertilizantes (gafas, guantes y demás elementos protectores).
- Colocación de un filtro de control a la salida del depósito.
- Limpiar el depósito antes de cargarlo.
- Colocación de válvulas de retención para evitar el flujo inverso del agua.
- Los depósitos deben estar instalados en una superficie firme y nivelada.
- Limpieza periódica del sistema.
- Señalización correcta en la zona donde están los depósitos para que se sepa que hay abonos.
- Los abonos que sobran en la campaña deben ser diluidos antes del frío para que no haya precipitados.

5. SISTEMA EMPLEADO

La explotación objeto de estudio está formada por una única variedad (*Arbosana*). Esta uniformidad representa una ventaja a la hora de planificar la fertilización: las necesidades de nutrientes serán las mismas y no variarán de unos árboles a otros, y además, al tratarse de una plantación nueva, el requerimiento de nutrientes irá evolucionando al mismo tiempo con el paso de los años.

Por tanto, se instalará un equipo de fertirriego adherido al cabezal del sistema de riego que constará dos depósitos, uno de 10.000 litros de capacidad, para cada uno de los tres macronutrientes (N, P, K) y un depósito de 5.000 litros para completar el aporte de micronutrientes a las plantas cuando éstos sean necesarios y que también podrá ser

utilizado para suministrar los productos indicados para el correcto mantenimiento del sistema y la red de riego. Además de estos depósitos, el equipo contará con un agitador que permita la disolución correcta de los distintos fertilizantes en el agua y un sistema de inyección para su correcta incorporación a la red de riego (véase plano N° 7.1. “*Nave de bombeo y filtrado. Distribución*”).

6. ELECCIÓN DE LOS FERTILIZANTES

Los fertilizantes utilizados en fertirrigación deben ser productos muy solubles en agua para evitar que precipiten y obturen los emisores. Deben tenerse en cuenta dos factores: la compatibilidad de abonos (pues determinadas mezclas pueden dar lugar a precipitados) y las características del agua de riego (salinidad y dureza) para prevenir la precipitación y posibles efectos negativos debido a un exceso de sales en la salida de los emisores.

Teniendo en cuenta estos factores y el tipo de suelo, el cultivo del que se trata y el criterio económico, se ha realizado la siguiente elección de fertilizantes:

❖ Fertilizante nitrogenado: nitrato amónico (33,5%)

El nitrato amónico posee una riqueza del 33,5% en N, donde la mitad se encuentra bajo forma nítrica de rápida acción y la otra mitad bajo forma amoniacal de acción más retardada. De las dos formas, la nítrica, muy soluble al agua (2.190 g/l a una temperatura de 20°C) y de nula retención por el complejo absorbente del suelo, es asimilable por el cultivo de forma inmediata, cubriendo las necesidades que la planta presenta tras la aplicación del fertilizante.

La forma amoniacal sin embargo, aunque también soluble al agua, es retenida por el complejo absorbente de forma transitoria pasando posteriormente, y de manera gradual, a nitrógeno nítrico para cubrir así las necesidades posteriores del cultivo.

Además de estas características, el abono presenta una reacción ligeramente ácida, que teniendo en cuenta nuestro suelo y nuestra agua (pH ligeramente

básicos), contribuirá a mantener la neutralidad del suelo y ayudará a que no se presenten problemas por obstrucción.

❖ **Fertilizante fosfatado: fosfato monoamónico (map)**

La riqueza del MAP es 12-60-0, también muy soluble (450 g/l a 20 °C) aunque requiere una buena agitación para su disolución. Posee un bajo efecto salinizante y una reacción ácida, por lo que también será una ayuda a la hora de prevenir obstrucciones. A todo esto hemos de añadir un precio muy económico que hace que su elección sea muy recomendable.

❖ **Fertilizante potásico: sulfato potásico**

Su riqueza es de un 50% en K₂O, aunque en este caso la solubilidad no es muy elevada (110 g/l a 20 °C de temperatura). Su carácter es neutro y es un abono recomendado para suelos alcalinos. Además de estas características, podemos añadir que el sulfato potásico proporciona un aporte de azufre a las plantas.

7. NECESIDADES DE ABONADO

7.1. Aportes del agua de riego

Los aportes de ión nitrato por cada litro de agua de riego aplicada son importantes en los cálculos de abonado, ya que pueden llegar a suponer un aporte de nitrógeno nada despreciable a lo largo del ciclo del cultivo. Además, tener en cuenta este aporte realizado por el agua de riego nos lleva a reducir gastos de abonado.

En el caso que nos ocupa, nuestro agua de riego tiene una concentración de 130,0 mg/l de ión nitrato. Para calcular la cantidad de N/ha aportados por el agua de riego para un año completo de un árbol adulto, recurrimos a la siguiente expresión (Ec. 1):

$$kg\ N/ha = \left([NO_3^-] \cdot V_r \cdot \frac{22,6}{10^5} \right) \cdot F \quad Ec. 1$$

Donde:

- $[NO^3]$, Concentración de nitratos en el agua de riego expresada en mg/l. En nuestro caso, 130,0 mg/l de ión nitrato, según análisis de agua de riego detallado en el Anejo I. “Estudio Agronómico”.
- F , Factor que depende de la eficiencia del riego y considera la pérdida de agua. Oscila entre 0.5 y 0.8 en función del sistema de riego utilizado. En nuestro caso, nos inclinamos por 0.8 al tratarse de un sistema de riego de máxima eficiencia.
- V_r , Volumen total de riego en m^3/ha . Utilizando los datos de dosis diaria por árbol de la Tabla N° 1 del Anejo V. “Diseño y Dimensionamiento de la red de riego”, se pueden calcular los m^3 de riego/ ha al año que se exponen en la Tabla 1.

Tabla 1. Dosis de riego al mes.

	ET_C (mm/mes)	Riego Neto (mm/mes)	Litros/árbol y día	Dosis de riego (m^3/ha y mes)
Enero	18,76	0,00	0,00	0,00
Febrero	25,63	0,00	0,00	0,00
Marzo	58,12	0,00	0,00	0,00
Abril	71,88	0,00	0,00	0,00
Mayo	89,19	37,00	6,72	370,00
Junio	97,25	65,00	12,14	650,00
Julio	96,84	75,00	13,57	750,00
Agosto	85,63	40,50	7,31	405,00
Septiembre	70,82	20,00	3,73	200,00
Octubre	49,98	0,00	0,00	0,00
Noviembre	28,10	0,00	0,00	0,00
Diciembre	16,27	0,00	0,00	0,00
Total	708,45	237,50		2.375

Fuente: Elaboración propia.

Con todos estos datos podemos calcular la cantidad de N/ ha aportados por el agua de riego para un año completo de un árbol adulto:

$$kg\ N/ha = \left(130,0 \cdot 2.375 \cdot \frac{22,6}{10^5} \right) \cdot 0,8 = 55,82\ kg/ha$$

El valor calculado se restará de las necesidades de nitrógeno de la plantación adulta en plena producción, a partir del séptimo u octavo año, para lo cual se tendrá en cuenta el volumen de agua a aportar.

8. NECESIDADES DEL CULTIVO Y CÁLCULO DE ABONADO

Las necesidades nutritivas se definen como la cantidad de elementos nutritivos consumidos por la planta durante un ciclo vegetativo anual. En la determinación de estas se incluye el consumo en el desarrollo de nuevos órganos (vegetativos y reproductivos) y el crecimiento de los órganos permanentes.

Las hojas de ciclos anteriores (hojas viejas), se deben considerar como fuente de nutrientes, ya que al principio del ciclo vegetativo removilizan, hacia los nuevos órganos, una proporción importante de su contenido en elementos móviles y, cuando las condiciones del medio y de la planta lo permite, recuperan parte de los elementos exportados.

Lo primero es definir el plan de abonado anual y la cantidad de nutrientes a aportar al olivar, teniendo en cuenta la producción estimada y las extracciones, ya que las reservas del suelo en este caso no se consideran. Las aportaciones de nutrientes por el agua también deben tenerse en cuenta. Así mismo, el análisis foliar del año anterior nos servirá para afinar los cálculos.

Las necesidades nutritivas del olivar, así como las recomendaciones de abonado se muestran a continuación en las tablas 2 y 3.

Tabla 2. Porcentaje NPK recomendado para abonado de olivar.

Periodo	N	P	K
Mayo	32	25	14
Junio	30	35	30
Julio	16	25	30
Agosto	14	25	32
Septiembre	7,2	10	16

Fuente: Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España. MARM 2010.

Tabla 3. Necesidades nutritivas anuales para olivar adulto (producción 12.000 kg/ha).

Edad del cultivo (años)	Gasto nutrientes (g/árbol)			Nutrientes cubiertos por hojas viejas (%)			Necesidades netas (g/árbol)		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
Adulto (>6)	454	193	845	22	14	20	100	27	169

Fuente: Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España. MARM 2010.

Los valores expuestos en esta tabla son de tipo medio y pueden sufrir variaciones en función de las características de la planta. Sin embargo, tienen un valor indicativo aproximado de las necesidades reales de los agrios.

La planificación de la fertilización para nuestra explotación se llevará a cabo partiendo de los datos expuestos en la Tabla 1, en función de los meses de riego, densidad de plantación y producción y según lo dispuesto en la Orden de 16 de febrero de 2012, por la que se modifica el Reglamento Específico de Producción Integrada de Olivar, aprobado mediante Orden de 15 de abril de 2008.

Esta planificación irá sufriendo modificaciones sucesivas en función del resultado de los análisis foliares realizados en los años sucesivos a fin de conocer el estado nutritivo de la plantación.

El análisis foliar se considera un índice bastante preciso de la absorción de los diferentes elementos por parte de la planta, ya que las hojas son muy sensibles a los

cambios de composición de medio nutritivo. Informa sobre la absorción real de los nutrientes por la planta, muestra la presencia de estados carenciales o excesivos y sugiere la aparición de antagonismos entre nutrientes. Para una correcta realización del análisis foliar, debe tenerse en cuenta la edad de la plantación, los síntomas visuales de carencias nutricionales, los niveles productivos y sistemas de cultivo. Se realizará anualmente y se tendrán en cuenta los niveles nutritivos estándar que se muestran en la Tabla 4.

La toma de muestra de hojas para su analítica se realizará entre octubre y diciembre y se debe llevar a cabo de la siguiente forma:

- Seleccionar de una a dos hectáreas representativas.
- Muestrear entre 25 y 50 árboles situados en diagonal o en línea.
- Elegir 4 hojas por árbol, una por orientación, bien desarrolladas, con peciolo que serán del ciclo de primavera con edad comprendida entre 4 y 7 meses y sobre brotes sin frutos.

La interpretación del análisis foliar viene recogida en la Tabla 3.

Tabla 4. Niveles críticos orientativos en hojas de olivo.

Olivar	Deficiente	Bajo	Normal	Alto
% Nitrógeno	<1,40	1,41 – 1,50	2,51 – 2,00	>2,00
% Fósforo	<0,05	0,06 – 0,09	0,10 – 0,30	-
% Potasio	<0,40	0,40 – 0,79	0,80 – 1,00	>1,00

Fuente: Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España. MARM 2010.

Una vez realizados los análisis foliares en nuestra plantación, la fertilización se irá modificando o corrigiendo atendiendo a los resultados de los mismos, ya sea muy bajo, bajo, normal o alto en cada uno de los casos.

Para el cálculo de la fertilización de los tres macro nutrientes (N, P, K), primero hay que convertir las concentraciones de necesidades netas N, P y K (g/árbol) expuestas en la Tabla 1, en óxidos o unidades de fertilizante (forma en la que vienen expresados

estos elementos en los abonos): N, P₂O₅, K₂O, multiplicando las concentraciones ya adelantadas, por los factores de conversión correspondientes en cada caso:

$$N \cdot 1 = N$$

$$P \cdot 2,3 = P_2O_5$$

$$K \cdot 1,2 = K_2O$$

Los valores resultantes de N, P₂O₅, K₂O, vienen resumidos en la Tabla 5.

Tabla 5. Necesidades netas del cultivo (N, P, K) en g/árbol convertidas a necesidades netas por unidad de fertilizante (N, P₂O₅, K₂O).

Edad del cultivo (años)	Necesidades netas (g/árbol)			Unidades de fertilizante (g/árbol)		
	N	P	K	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Adulto (>6)	100	27	169	100	62,1	202,8

Fuente: Elaboración propia.

9. PROGRAMA DE ABONADO DEL OLIVAR CON FERTIRRIEGO

Las necesidades de fertilizante que se han de aplicar a las plantas varían notablemente dependiendo fundamentalmente de factores como la producción de, en este caso particular, aceite. Cuando se programa el abonado se debe tener en cuenta la edad de la plantación, el marco de plantación y la superficie cubierta, la carga de los árboles, los resultados de los análisis foliares, y las características del suelo y del agua.

En cuanto al suelo, es importante conocer su textura y aquellos parámetros que pueden dificultar la disponibilidad de algunos nutrientes. Es importante conocer la calidad del agua, su contenido de nutrientes, su salinidad y su contenido en bicarbonatos. Por estas razones, es difícil dar recomendaciones generales. Tanto el programa de abonado como el tipo de producto se deben ajustar a cada plantación.

Se estima, en función de los datos expuestos en la Tabla 2, que las extracciones de nutrientes de un olivar por tonelada de cosecha son 15 kg de N, 4-5 kg de P₂O₅ y 20-25 kg de K₂O, es decir, que, para una producción de 12 toneladas por hectárea

(producción media de aceituna que presenta nuestro olivar en superintensivo), se extraería 180 kg de N, 48 kg de P_2O_5 y 300 kg de K_2O .

Considerando las características de nuestro olivar y suponiendo que los análisis foliares muestran niveles adecuados de todos los elementos, habría que hacer una aportación anual de 180-240 kg/ha de N, 48-60 kg/ha de P_2O_5 y 240-30 kg/ha de K_2O .

Las cantidades de nutrientes N, P_2O_5 y K_2O a aportar mensualmente a lo largo de la campaña de riego no deben ser homogéneas, dependiendo del momento del ciclo vegetativo en que se encuentren los árboles (Figura 1). El nitrógeno se debe aportar en mayor proporción en el periodo de primavera-verano (Marzo-Julio), época en la que se produce una mayor demanda de este nutriente como consecuencia del gran crecimiento vegetativo y del cuajado y crecimiento inicial del fruto, recomendándose reducir su dosis a partir del mes de agosto, tras el endurecimiento del hueso.

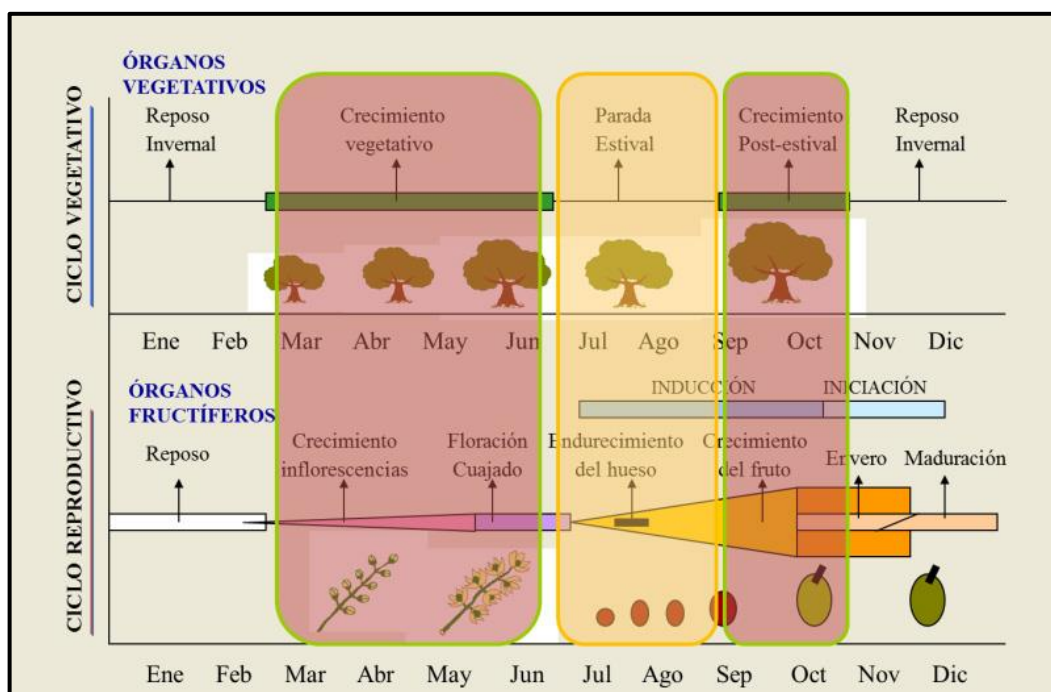


Figura 1. Ciclos reproductivo y vegetativo del olivar.

Fuente: Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España. MARM 2010.

El fósforo se podrá aportar en cantidades mensuales prácticamente iguales a lo largo de la campaña, teniendo en cuenta el escaso movimiento del fósforo en el bulbo,

lo que hace pensar que se producirán mínimas pérdidas de este elemento por lixiviación, aunque sí bloqueos, lo que aconseja el fraccionamiento.

El potasio se aportará en mayor proporción a partir del endurecimiento del hueso, hasta el final del verano y especialmente durante el otoño, para así poder atender la gran demanda que supone la extracción de este nutriente por los frutos en esta época del año (efecto sumidero), demanda que puede dejar desabastecido el árbol a final del ciclo (necrosis en hojas y defoliación), que afectará al desarrollo vegetativo y productivo en la campaña siguiente, haciendo a los árboles más sensibles a ciertas enfermedades (repilo y vivillo).

A continuación, se muestra la composición de los fertilizantes que se van a usar (Tabla 6):

Tabla 6. Composición abonado comercial (%).

Fertilizante	N	P	K
Nitrato Amónico	35,0	0,0	0,0
Fosfato Monoamónico (MAP)	12,0	61,0	0,0
Sulfato potásico	0,0	0,0	51,0

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente tabla (Tabla 6) se indican los porcentajes mensuales de reparto de la dosis anual de nutrientes para nuestro caso y teniendo en cuenta que nuestra campaña de riego se reparte en 5 meses (Mayo-Septiembre).

Tabla 6. Programa de abonado medio en fertirriego.

Periodo	NPK (%)	Necesidades (kg/ha)			Producto (kg/ha)		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Nitrato Amónico	Fosfato Monoamónico	Sulfato Potásico
Mayo	32-25-14	47,8	12,3	36,2	131,6	20,2	71,0
Junio	30-35-30	45,7	12,3	76,1	125,3	20,2	149,2
Julio	16-25-30	23,9	12,3	79,7	62,3	20,2	156,3
Agosto	14-25-32	21,7	12,3	79,7	56,0	20,2	156,3
Septiembre	7,2-10-16	10,9	5,1	39,9	28,6	6,3	7,1

Fuente: Elaboración propia.

Una aplicación semanal puede resultar igual de efectiva que aplicaciones diarias, y precisa menos mano de obra. Se ha de tener en cuenta que, al menos un día a la semana debe regarse con agua sin abonos, para contribuir a la limpieza de la red.

Además de los abonos, pueden inyectarse en el sistema de riego otros productos, como plaguicidas. La experiencia ha demostrado que el éxito de estas aplicaciones es variable, dependiendo del tipo de producto, suelo y cultivo, principalmente. Los tratamientos con nematicidas figuran entre los de mayor éxito. El aporte de productos fitosanitarios debe realizarse en un día en el que no se apliquen abonos, para evitar interacciones no deseables.

10. EQUIPO DE FERTIRRIEGO

El equipo de fertirriego lo componen todos los instrumentos necesarios para que los abonos se incorporen a la red de riego.

10.1. Sistemas de inyección de abonos

Hay varios sistemas para la inyección de abonos:

- **Tanque de abonado.** Es un sistema actualmente en desuso. Los tanques de abonado son fáciles de utilizar y baratos. Como inconveniente principal está que no aplican concentraciones constantes. Otro inconveniente es que dificulta el uso cuando el riego está automatizado. La entrada en el sistema de riego se produce por una válvula de regulación instalada en la tubería principal de riego.

- **Inyector Venturi.** Su funcionamiento se basa en pasar el agua por un estrechamiento y producir una depresión. En la zona del estrechamiento, se coloca una tubería conectada a un depósito donde está la solución a inyectar y esa depresión provoca la succión del líquido y la incorpora a la red.
La concentración de la inyección que se produce con este sistema es constante, pero no proporcional al volumen de agua de riego, siendo éste un inconveniente para la automatización. Suele ser una boya o válvula automática que cierra la conexión entre el inyector y el depósito de abonos cuando este se queda vacío.
Las ventajas que produce este sistema es que son baratos, no necesitan energía y tienen una aplicación constante.

- **Dosificadores de abonos:**
 - Dosificador eléctrico: son accionados por un motor eléctrico y succionan la solución de un depósito inyectándola a la red de riego. Se pueden usar para inyectar tanto fertilizantes como fitosanitarios al mismo tiempo.
 - Dosificador hidráulico: son accionados por la presión de la red de riego, el caudal de la solución puede variar entre 20 y 1.200 l/h.

10.2. Elección del equipo

Para el caso que nos emplea, se ha escogido un dosificador eléctrico de 500 l/h, también conocidos como bomba inyectora (Figura 1). Las bombas dosificadoras son bombas de pistón o membrana, de alto rendimiento y precisión para la dosificación de productos líquidos. El caudal de dosificación es regulable, sin necesidad de parar la bomba, desde el 0% al 100% de su capacidad.

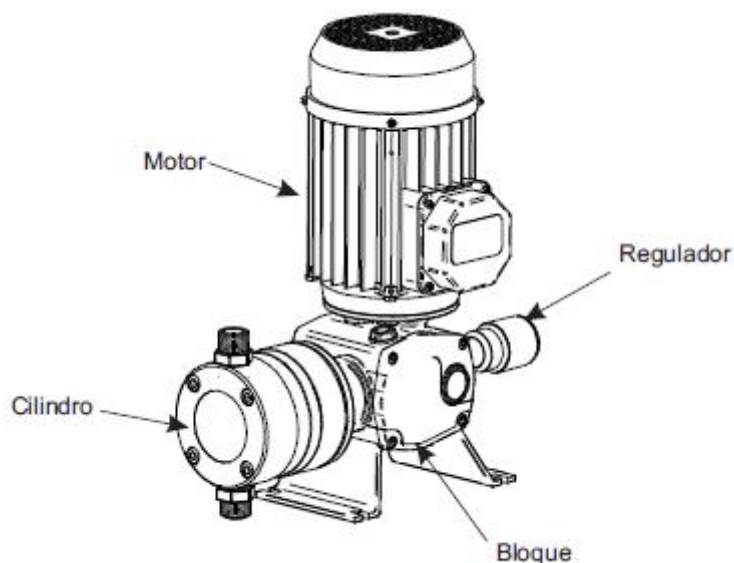


Figura 1. Componentes de la bomba inyectora.

Fuente: Catálogo comercial.

El motor eléctrico transmite su potencia a través de un reductor, formado por un piñón y una corona solidaria a un eje con excéntrica, que empuja a un vástago, al cual va roscado el pistón o la membrana. El retorno se realiza mediante un muelle.

El regulador micrométrico aumenta o disminuye la carrera del vástago y el pistón o membrana, variando el caudal inyectado. El caudal de dosificación es regulable, por tanto, del 0% al 100%.

Es posible la regulación del caudal a través de un variador de frecuencia, variando proporcionalmente el caudal dosificado con la frecuencia suministrada al motor eléctrico.

Su instalación se realizará dentro de la nave de bombeo y filtrado proyectada, según se muestra en el Plano N° 7.1. “*Nave de Bombeo y Filtrado: Distribución*”, lejos de fuentes de calor y con renovación de aire. Así mismo, se dispondrá verticalmente, sobre una superficie rígida, totalmente horizontal, para conseguir una buena lubricación de todos los elementos internos.

10.3. Depósitos de almacenamiento

Los abonos líquidos se almacenan en depósitos, a partir de los cuales se distribuyen a lo largo de toda la red de riego.

Existen distintos materiales de fabricación para estos depósitos: poliéster, polietileno o acero inoxidable. En cuanto a manejabilidad, costes y resistencia tanto física como química, los de polietileno son mejores que el resto.

El emplazamiento de los depósitos se realizará junto a la nave de bombeo y filtrado proyectada, bajo un voladizo de chapa, para tener una mayor facilidad a la hora del transporte de las soluciones hacia la tubería donde se incorpora a la red.

Los depósitos estarán fijados en el terreno, nunca enterrados, ya que no soportarían los empujes de la tierra.

Los depósitos de una instalación tienen que ser capaces de abastecer de solución fertilizante durante el periodo que transcurre entre dos llenados de los mismos. Por tanto, para calcular la capacidad de los depósitos de nuestro equipo de fertirriego necesitamos saber el consumo de solución de fertilizante en el momento de máxima demanda por el cultivo y el periodo entre dos llenados consecutivos de los depósitos.

Para nuestro caso, se disponen dos depósitos de almacenamiento de 10.000 l y 5.000 l de capacidad. Su distribución en planta se puede observar de forma más detallada en el Plano N° 7.1. “*Nave de Bombeo y Filtrado: Distribución*”.

10.4. Contador de agua

Se han seleccionado contadores tipo Woltman. Estos pueden ser de hélice axial o vertical:

- Axial. La principal ventaja puede es que no importa la inclinación que tengan las tuberías. Como inconveniente, para que funcionen bien es necesario un tramo recto que se unas 20 veces el diámetro del contador.

- Verticales. Presentan como desventaja que sólo se emplean en tuberías horizontales y provocan altas pérdidas de carga y la gama de diámetros es reducida.

Se colocará un programador por tiempos en el principio de cada sector, el cual se puede configurar según el tiempo que se va a querer que pase el agua y se riegue dicho sector.

11. PREVENCIÓN DE OBTURACIONES

En el sistema de riego localizado, la obturación en un emisor es de los principales problemas que tiene este sistema. Las obturaciones pueden tener procedencia biológica (crecimiento de hongos, algas, bacterias en el agua, etc) o físico-químicas.

A continuación se van a detallar distintas precauciones que se pueden tener en cuenta a la hora de prevenir dicho problema.

11.1. Limpieza de la red

Si son obturaciones de tipo biológico y los emisores aún no están obturados del todo, se pueden aplicar concentraciones de Cl en dosis de unos 350 mg/l en un periodo de 12 horas para lavarlo. Si los emisores están obstruidos completamente, habría que desmontarlos manualmente y limpiarlos, lo que elevaría el coste.

Si son obstrucciones del tipo químico, se inyecta ácido en la red provocando que el pH baje a 2. Cuando el agua ácida sale por el emisor más alejado, ya está limpia. Si la obturación es elevada, sería necesario desmontar los emisores e introducirlos en ácido, aunque habría que comprobar la viabilidad económica en comparación con colocarlo de nuevo.

11.2. Filtrado

Finalmente, en el cabezal del riego se colocará un equipo de filtros de mallas de limpieza automática. Su descripción se detalla en el *Anejo VII. “Cálculos Hidráulicos de la Red de Riego”*.

12. BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES CONSULTADAS

- CADAHÍA LÓPEZ, C. (2005). Fertirrigación cultivos hortícolas, frutales y ornamentales. 3ª Edición. MundiPrensa.
- DIAZ DE LA GUARDIA, M. (2010). Fisiología de las Plantas. 2ª Edición. Editorial Universitario.
- GUARDIOLA, J.L. y GARCIA LUIS, A. (1990). Fisiología Vegetal. Nutrición y Transporte. Editorial Síntesis.
- RAMÓN GUERRERO RIVERO y J. MANUEL JIMÉNEZ VIUDEZ. Fertirrigación del olivar. Hoja divulgativa N° 2.099 HD. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Orden de 16 de febrero de 2012, por la que se modifica el Reglamento Específico de Producción Integrada de Olivar, aprobado mediante Orden de 15 de abril de 2008.
- Resolución de 22 de junio de 2018, de la Dirección General de la Producción Agrícola y Ganadera, por la que se actualizan las sustancias activas fitosanitarias incluidas en el control integrado de los Reglamentos Específicos de Producción Integrada de Ajo, Algodón, Almendro, Arándanos, Arroz, Cereales de Invierno, Cítricos, Frambuesa y Mora, Fresa, Frutales de Hueso, Frutales de Pepita, Cultivos Hortícolas Protegidos, Lechuga al aire libre, Olivar, Patata, Remolacha azucarera, Tomate para transformación industrial, Vid (uva para vinificación) y Zanahoria y Chirivía.

ANEJO X

CASETA DE BOMBEO Y FILTRADO

ÍNDICE

1. DESCRIPCIÓN.....	1
2. APLICACIÓN DB SE: SEGURIDAD ESTRUCTURAL	2
2.1. Introducción	2
2.2. Dimensionamiento y distribución interior	2
2.3. Análisis estructural y del dimensionado	5
2.3.1. <i>Combinación de acciones</i>	5
2.4. Comprobación de flechas.....	7
2.5. Verificación de desplomes	7
3. ESTRUCTURA METÁLICA	8
3.1. Descripción	8
3.2. Cálculo de las correas	9
3.3. Cálculo de los pórticos.....	11
3.4. Solicitaciones	13
3.5. Cálculo de las placas de asiento.....	13
4. CIMENTACIÓN	16
4.1. Cálculo de zapatas	16
4.2. Zunchos de unión entre zapatas	17
4.2.1. <i>Cálculo armadura longitudinal</i>	18
4.2.2. <i>Cálculo armadura transversal</i>	19
5. BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES CONSULTADAS	20

1. DESCRIPCIÓN

Las obras a realizar van a constar de las siguientes partes:

- Balsa de almacenamiento de aguas pluviales.
- Estación de bombeo, filtrado y fertirriego.
- Red de riego.

El agua de riego se servirá filtrada a los sectores, ubicando los filtros en el interior de la nave proyectada.

De este modo, en el interior de la estación se proyecta un equipo de filtrado compuesto por 2 filtros hidráulicos autolimpiantes de malla de 8” de bridas de conexión, con la correspondiente valvulería, manómetros, automatismos y demás elementos necesarios para su correcto funcionamiento.

Con el fin de alojar estos equipos, se proyecta una nave de 6,50x6,60 m (medidas exteriores) y una altura de pilares de 4,00 m. La estructura es de tipo metálico, con cerramiento de placas de hormigón prefabricadas y cubierta de chapa prelacada.

La cimentación de la estructura se realizará mediante zapatas de hormigón armado HA-25 N/mm², apoyadas sobre pozos de hormigón HM-20 N/mm² hasta el firme de cimentación, para que absorban los esfuerzos que les transmitan los pilares de los pórticos.

Las cargas para las que ha sido calculada la estructura se desprenden del Documento Básico SE-AE: Seguridad Estructural. Acciones en la Edificación del Código Técnico de la Edificación (RD 314/2006), no siendo de aplicación la norma de construcción sismorresistente: parte general y edificación NCSE-02 (RD 997/2002), en cumplimiento del artículo 1.2.3. al tratarse de una construcción de importancia moderada. Además, los pórticos se encuentran bien arriostrados en todas las direcciones.

Para el cálculo constructivo del presente proyecto se han tenido en cuenta todas las normas en vigor que le son de aplicación, y en concreto la EHE-08, DB SE-A: Seguridad estructural. Acero (CTE), DB SE-C: Seguridad estructural. Cimientos (CTE) y la NCSE 02.

2. APLICACIÓN DB SE: SEGURIDAD ESTRUCTURAL

2.1. Introducción

En la memoria del presente proyecto se incluye el programa de necesidades, en el que se describen aquellas características del edificio y del uso previsto que condicionan las exigencias de seguridad estructural, tanto en lo relativo a la capacidad portante como a la aptitud al servicio y las bases de cálculo.

Las bases de cálculo se describirán más adelante. Los cálculos han sido realizados por ordenador, habiéndose aplicado el programa informático CYPE Ingenieros, versión 2008.1.h, el cual aplica las exigencias que deben cumplir los edificios en relación con los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad establecidos en la Ley de Ordenación de la Edificación (LOE), según el Código Técnico de la Edificación (CTE).

Los planos del proyecto de ejecución correspondientes a la estructura serán lo suficientemente precisos para la exacta realización de la obra, a partir de los cuales se han obtenido las mediciones que han servido de base para las valoraciones reflejadas en el presupuesto del presente proyecto.

Igualmente, en el Pliego de Condiciones del proyecto de ejecución se incluirán las prescripciones técnicas particulares exigibles a los productos, equipos y sistemas y a la ejecución de cada unidad de obra.

2.2. Dimensionamiento y distribución interior

Como se ha comentado anteriormente, en el interior de la estación se dispone el equipo de bombeo que impulsará el agua desde la basa hasta los diferentes sectores de

riego, así como la bomba dosificadora o inyectora para el fertirriego; el sistema de fertirriego, compuesto por dos depósitos de abono, que se alojarán en los anexos de la nave, protegidos mediante cubierta de chapa y el equipo de filtrado compuesto por 2 filtros hidráulicos autolimpiantes de malla de 8", con la correspondiente valvulería, manómetros, automatismos y demás elementos necesarios para su correcto funcionamiento. La distribución interior de los equipos se muestra a continuación en la Figura 1, así como en el plano N° 7.1 adjunto.

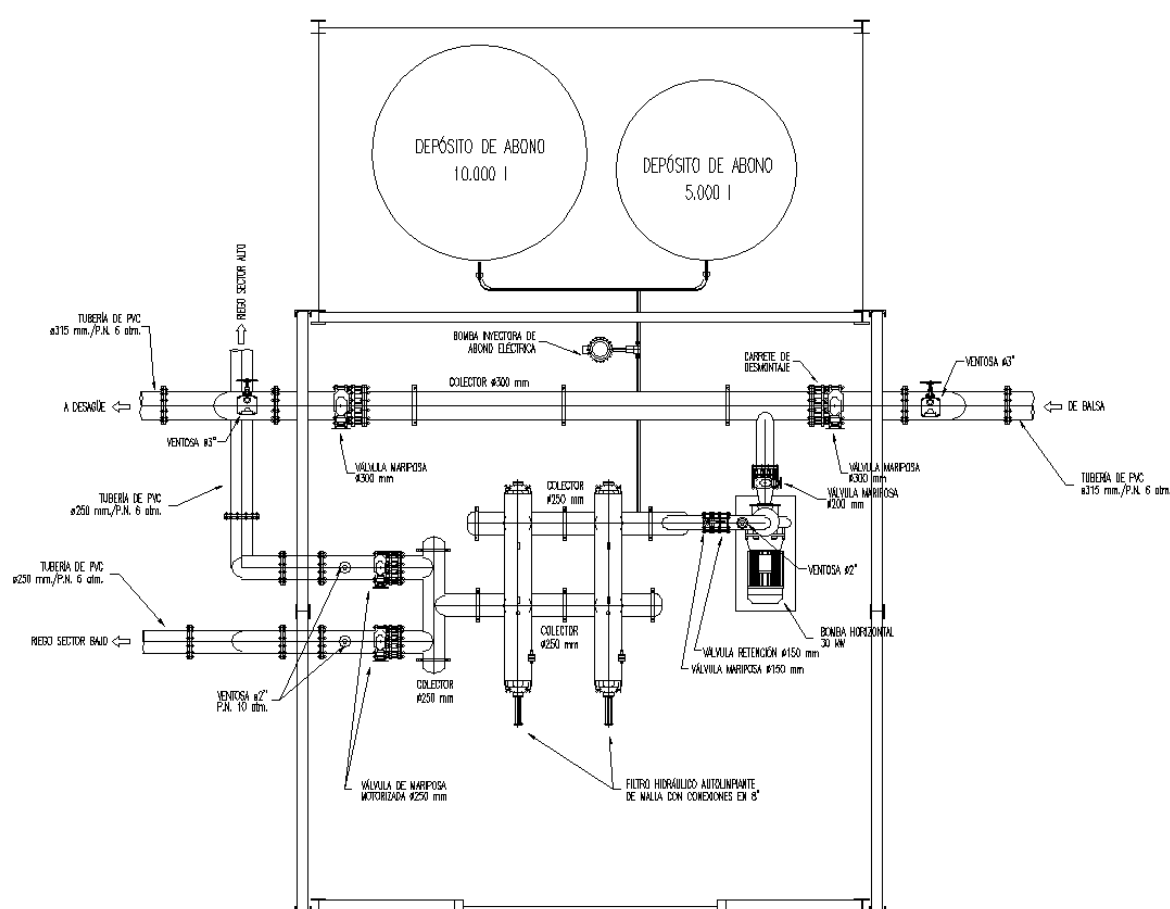


Figura 1. Distribución interior, Nave de bombeo y filtrado.

Fuente: Elaboración propia.

Tal y como se observa, con el fin de alojar estos equipos, se proyecta una nave de 6,50x6,60 m (medidas exteriores) y una altura de pilares de 4,00 m. La estructura es de tipo metálico, con cerramiento de placas de hormigón prefabricadas y cubierta de chapa

prelacada. A continuación, en las Figuras 2, 3 y 4, se muestran las vistas en alzado de la nave, adjuntas también en el plano N° 7.2.

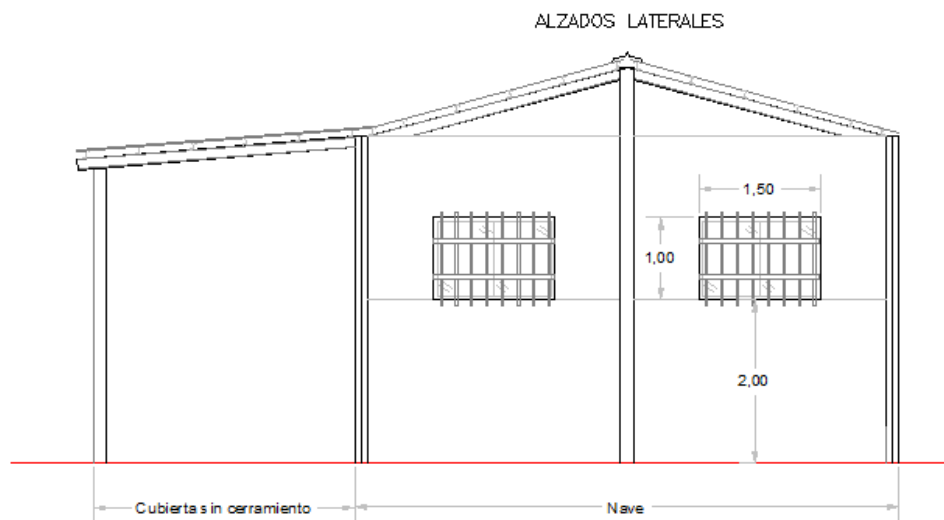


Figura 2. Vista Alzados Laterales de la nave.

Fuente: Elaboración propia.

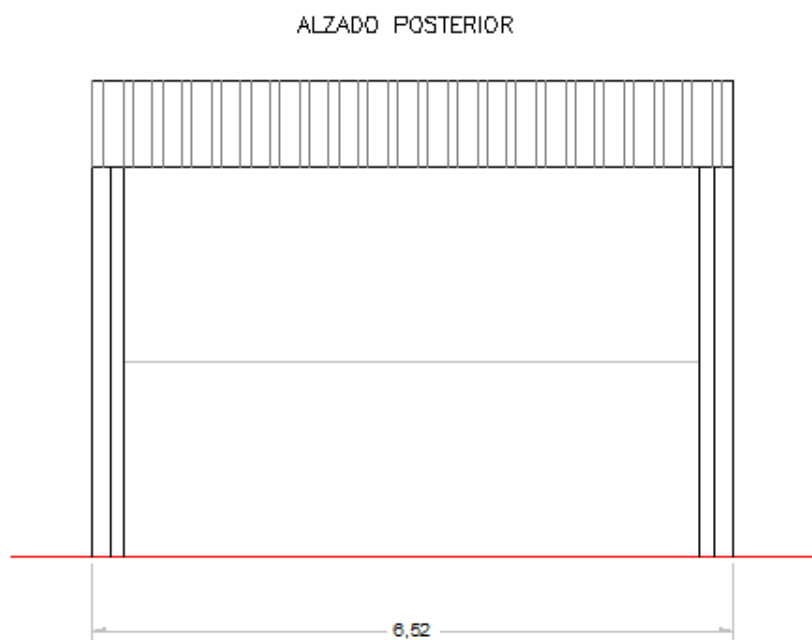


Figura 3. Vista Alzados Posterior.

Fuente: Elaboración propia.

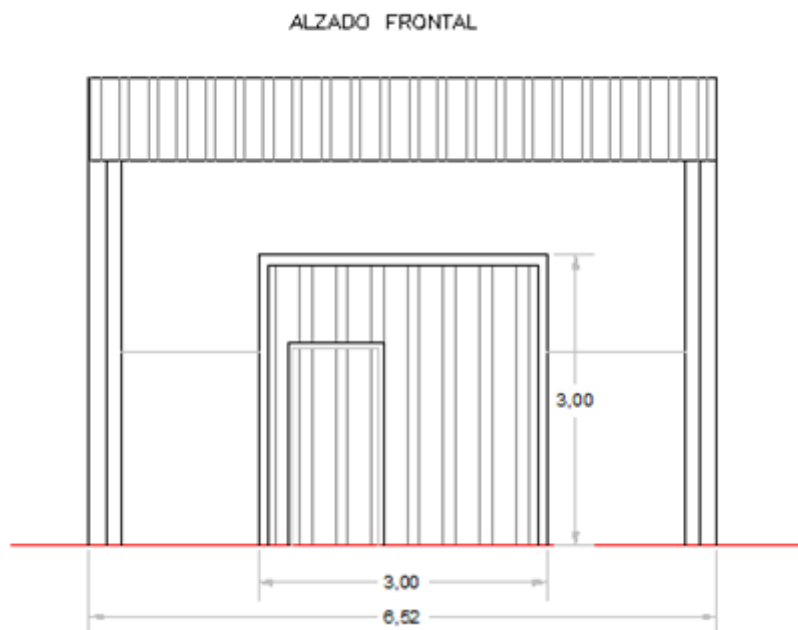


Figura 4. Vista Alzados Frontal.

Fuente: Elaboración propia.

2.3. Análisis estructural y del dimensionado

2.3.1. Combinación de acciones

El valor de cálculo de los efectos de las acciones correspondiente a una situación persistente o transitoria, se determina mediante combinaciones de acciones a partir de la siguiente expresión (Ec. 1):

$$\sum_{j=1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum \gamma_{Q,1} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad \text{Ec. 1}$$

Es decir, considerando la actuación simultánea de:

- a) Todas las acciones permanentes, en valor de cálculo ($\gamma_G \cdot G_k$), incluido el pretensado ($\gamma_P \cdot P$);
- b) Una acción variable cualquiera, en valor de cálculo ($\gamma_Q \cdot Q$), debiendo adoptarse como tal una tras otra sucesivamente en distintos análisis;

- c) El resto de las acciones variables, en valor de cálculo de combinación ($\gamma_Q \cdot \psi_0 \cdot Q_k$).

Los valores de los coeficientes de seguridad, γ , adoptados han sido los siguientes (Figura 5):

Tabla 4.1 Coeficientes parciales de seguridad (γ) para las acciones

Tipo de verificación ⁽¹⁾	Tipo de acción	Situación persistente o transitoria	
		desfavorable	favorable
Resistencia	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,35	0,80
	Empuje del terreno	1,35	0,70
	Presión del agua	1,20	0,90
	Variable	1,50	0
Estabilidad		desestabilizadora	estabilizadora
	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,10	0,90
	Empuje del terreno	1,35	0,80
	Presión del agua	1,05	0,95
	Variable	1,50	0

⁽¹⁾ Los coeficientes correspondientes a la verificación de la resistencia del terreno se establecen en el DB-SE-C

Figura 5. Coeficientes parciales de seguridad para las acciones.

Fuente: DB-SE-C.

Los valores de los coeficientes de simultaneidad, ψ , considerados son los que se incluyen en la siguiente figura (Figura 6):

Tabla 4.2 Coeficientes de simultaneidad (ψ)

	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Sobrecarga superficial de uso (Categorías según DB-SE-AE)			
• Zonas residenciales (Categoría A)	0,7	0,5	0,3
• Zonas administrativas (Categoría B)	0,7	0,5	0,3
• Zonas destinadas al público (Categoría C)	0,7	0,7	0,6
• Zonas comerciales (Categoría D)	0,7	0,7	0,6
• Zonas de tráfico y de aparcamiento de vehículos ligeros con un peso total inferior a 30 kN (Categoría F)	0,7	0,7	0,6
• Cubiertas transitables (Categoría G)		(1)	
• Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (Categoría H)	0	0	0
Nieve			
• para altitudes > 1000 m	0,7	0,5	0,2
• para altitudes ≤ 1000 m	0,5	0,2	0
Viento	0,6	0,5	0
Temperatura	0,6	0,5	0
Acciones variables del terreno	0,7	0,7	0,7

⁽¹⁾ En las cubiertas transitables, se adoptarán los valores correspondientes al uso desde el que se accede.

Figura 6. Coeficientes de simultaneidad.

Fuente: DB-SE-C.

2.4. Comprobación de flechas

Se aplican las limitaciones de flecha establecidas para vigas. Por defecto, se adopta en opciones de flecha la correspondiente a tabiques ordinarios. Los valores adoptados son los siguientes (Tabla 1):

Tabla 1. Valores de flecha para diferentes elementos.

Tipo de flecha	Combinación	Tabiques frágiles	Tabiques ordinarios	Resto de casos
1.- Integridad de los elementos constructivo (ACTIVA)	Característica $G+Q$	1/500	1/400	1/300
2.- Confort de los usuarios (INSTANTÁNEA)	Característica de sobrecarga Q	1/350	1/350	1/350
3.- Apariencia de la obra (TOTAL)	Casi-permanente $G+\psi_2Q$	1/300	1/300	1/300

Fuente: Elaboración propia.

2.5. Verificación de desplomes

Cuando se considere la integridad de los elementos constructivos, se admite que la estructura global tiene suficiente rigidez lateral, si ante cualquier combinación de acciones característica, el desplome (Tabla 2) es menor de:

- a) Desplome total: 1/500 de la altura total del edificio;
- b) Desplome local: 1/250 de la altura de la planta, en cualquiera de ellas.

Tabla 2. Desplazamientos horizontales.

Desplazamientos horizontales
Local
Desplome relativo a la altura entre plantas: $\delta/h < 1/250$
Total
Desplome relativo a la altura total del edificio. $\delta/H < 1/500$

Fuente: Elaboración propia.

Cuando se considere la apariencia de la obra, se admite que la estructura global tiene suficiente rigidez lateral, si ante cualquier combinación de acciones casi permanente, el desplome relativo es menor que 1/250.

En general es suficiente que dichas condiciones se satisfagan en dos direcciones sensiblemente ortogonales en planta.

3. ESTRUCTURA METÁLICA

3.1. Descripción

A continuación se describen las características de la estructura metálica:

- Longitud: 6,00 m.
- Luz: 6,50 m.
- Cubierta: A dos aguas.
- Material de cubierta: Chapas de acero prelacado galvanizado de 0,6 mm de espesor.
- Cerramiento: Placas de hormigón de 12 cm de espesor.
- Pendiente de la cubierta: 26,79 % $\leftrightarrow \alpha = 15^\circ$
- Correas: Perfiles ZF-100 2.0 (acero conformado S235 JR)
- Separación de correas en planta: 0,65 m.
- Número de correas por vertiente: 6.
- Separación entre pórticos: 6,00 m.

- Altura de pilares: 4,00 m.
- Altura de coronación: 4,85 m.
- Pilares: Perfiles de acero laminado tipo HEA-160.
- Dinteles: Perfiles de acero laminado tipo IPE-140.
- Acero S275JR: límite elástico = 275 N/mm².

3.2. Cálculo de las correas

Se calculará la correa más desfavorable tipo, de 1 tramo para la hipótesis más desfavorable:

- Peso propio: 0,04 kN/m
- Peso cubierta: 0,12 kN/m² · 0,65 m = 0,078 kN/m
- Sobrecarga de nieve (Ec. 2):

$$q_n = \mu \cdot S_k \quad Ec. 2$$

$$q_n = 1,00 \cdot 0,40 \text{ kN/m}^2 = 0,40 \text{ kN/m}^2$$

$$q_n = 0,40 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,65 \text{ m} = 0,26 \text{ kN/m}$$

A continuación se procede al cálculo del momento en las correas (Ec. 3 y 4):

$$P_x^* = ((0,14 \cdot 1,35) + (0,26 \cdot 1,5)) \cdot \text{sen}(15^\circ) = 0,142 \text{ kN/m}$$

$$P_y^* = ((0,16 \cdot 1,35) + (0,26 \cdot 1,5)) \cdot \text{sen}(5,71^\circ) = 0,531 \text{ kN/m}$$

$$M_x^* = P_y^* \cdot \frac{l^2}{8} \quad Ec. 3$$

$$M_x^* = P_y^* \cdot \frac{l^2}{8} = 2,389 \text{ kN/m}$$

$$M_y^* = P_x^* \cdot \frac{l^2}{8} \quad Ec. 4$$

$$M_y^* = P_x^* \cdot \frac{l^2}{8} = 0,640 \text{ kN/m}$$

El perfil escogido es **ZF-120x2.0**, de acero conformado S235JR, con las siguientes características:

- $I_x = 117,0 \text{ cm}^4$
- $I_y = 40,8 \text{ cm}^4$
- $W_x = 18,8 \text{ cm}^3$
- $W_y = 7,23 \text{ cm}^3$

La comprobación con respecto a la tensión normal, se calcula mediante la siguiente expresión (Ec. 5):

$$\sigma^* = \frac{M_x^*}{W_x} + \frac{M_y^*}{W_y} \quad Ec. 5$$

$$\sigma^* = \frac{M_x^*}{W_x} + \frac{M_y^*}{W_y} = 215,59 < 223,81$$

Para el acero conformado S235JR la resistencia de cálculo es (Ec. 6):

$$f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_M} \quad Ec. 6$$

$$f_{yd} = \frac{235}{1,05} = 223,81 \text{ N/mm}^2$$

Según el CTE DB-SE, el valor máximo de flecha para viguetas de cubierta es (Ec. 7):

$$f_{m\acute{a}x} = \frac{l}{300} \quad Ec. 7$$

$$f_{m\acute{a}x} = \frac{6,00}{300} = 0,02 \text{ m} = 2 \text{ cm}$$

La deformación de la flecha en el eje X y Y, se obtiene según las siguientes expresiones (Ec. 8 y 9):

$$f_x = \frac{2}{5} \cdot \frac{5 \cdot p_x \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I_y} \quad Ec. 8$$

$$f_x = \frac{2}{5} \cdot \frac{5 \cdot p_x \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I_y} = 0,71 \text{ cm}$$

$$f_y = \frac{2}{5} \cdot \frac{5 \cdot p_y \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I_x} \quad Ec. 9$$

$$f_y = \frac{2}{5} \cdot \frac{5 \cdot p_y \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I_x} = 1,00 \text{ cm}$$

El valor total de la flecha será (Ec. 10):

$$f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} \quad Ec. 10$$

$$f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = 1,266 \text{ cm} < 2,00 \text{ cm}$$

A efectos del cálculo de la flecha, se ha considerado de dos tramos ya que se dispondrá una tiranta de perfil 40.4 uniendo las correas.

3.3. Cálculo de los pórticos

Para el cálculo de desplazamientos, reacciones, envolventes de esfuerzos, tensiones y flechas máximas en cada pórtico, se ha hecho uso de un programa de cálculo de estructuras por ordenador, basado en métodos matriciales.

La estructura está formada por barras definidas en la geometría, con las características mecánicas de sus secciones y materiales y el tipo de vinculación en cada extremo. Cada unión se puede definir como libre, empotrada, articulada o empotramiento elástico, ya sea en el plano o perpendicular a dicho plano. Se supone un comportamiento elástico y lineal de los materiales.

Las cargas se definen por hipótesis y contenidas en el plano del pórtico o perpendicular al mismo. Para cada hipótesis se obtienen los desplazamientos y se combinan los resultados para el cálculo de las combinaciones.

El cálculo se realiza bajo las hipótesis de inextensibilidad de los elementos, rigidez de los nudos y apoyos empotrados de los pilares. Los resultados obtenidos corresponden, por un lado, a la consideración de cada uno de los tipos de cargas actuando independientemente, y por otro, a la combinación más desfavorable de todas las posibles según lo establecido en DB SE (CTE).

El programa verifica en cada barra los tres valores límites siguientes:

1. **Tensiones.** (Normales, debidas al cortante, debidas al momento torsor).
2. **Pandeo.** El programa comprueba directamente el pandeo de las barras comprimidas, y se obtiene el coeficiente de pandeo “ ω ”, que depende de la esbeltez de la barra. Esta, a su vez, depende de los grados de libertad que tenga la barra, que se pueden elegir por medio del coeficiente β .
3. **Esbeltez.** El documento DB SE-A considera como límite $\lambda-200i$, siendo “ i ” el radio de giro mínimo del perfil. El límite de esbeltez se refiere al radio mínimo de giro de los dos, el perpendicular y el paralelo al plano.
4. **Flecha** (máxima en mm o relativa L/x).
 - Flecha máxima: suma de las flechas de todas las hipótesis

(Peso Propio + Sobrecarga+ Viento+...)
 - Flecha activa: flecha debida solamente a la sobrecarga, que es la que produce fisuras en las paredes puesto que el peso propio no da problemas.

3.4. Solicitaciones

- Cargas permanentes:

$$\text{Material de cubierta: } 0,12 \text{ kN/m}^2 \times 6,00 \text{ m} = 0,72 \text{ kN/m}$$

$$\text{Correas: } (0,04 \text{ kN/m} \times 6 \text{ ud} \times 6,00 \text{ m}) / 3,25 \text{ m} = 0,443 \text{ kN/m}$$

- Sobrecarga de nieve:

$$0,40 \text{ kN/m}^2 \times 6,00 \text{ m} = 2,40 \text{ kN/m}^2$$

- Acción del viento:

Paramentos verticales:

$h/d = \text{variable}$

$$\text{Zona A} \rightarrow c_p = -0,8$$

$$\text{Zona B} \rightarrow c_p = -0,7$$

$$\text{Zona D} \rightarrow c_p = 0,8$$

$$\text{Zona E} \rightarrow c_p = -0,5$$

Los perfiles adoptados para los pilares son HEA-160 mientras que los dinteles estarán formados por perfil IPE-140. Los pilarillos también serán perfil HEA-160. Todos los perfiles arrojan valores de tensión y flecha máxima menores que las admisibles según la reglamentación vigente.

3.5. Cálculo de las placas de asiento

Los pilares se fijarán a las zapatas mediante placas de asiento de las mismas dimensiones. La distribución de las mismas se puede ver en el plano correspondiente de Cimentación.

En la comprobación de una placa de anclaje, el software de cálculo utilizado emplea la hipótesis de Bernoulli (placa rígida), lo que implica suponer que la placa permanece plana ante los esfuerzos a los que se ve sometida, de forma que se pueden despreciar sus deformaciones a efectos del reparto de cargas. Para que esto se cumpla la placa de anclaje deber ser simétrica (lo que siempre garantiza el programa) y suficientemente rígida (espesor mínimo en función del lado).

Las comprobaciones efectuadas para validar la placa son las siguientes:

- 1. Comprobación sobre el hormigón.** Consiste en verificar que el punto más comprimido bajo la placa no se supera la tensión admisible del hormigón. El método utilizado es el de las tensiones admisibles, suponiendo una distribución triangular de tensiones sobre el hormigón que solo pueden ser de compresión. La comprobación del hormigón solo se efectúa cuando la placa está apoyada sobre el mismo, y no se tiene un estado de tracción simple o compuesta. Además se desprecia el rozamiento entre el hormigón y la placa de anclaje, es decir, la resistencia frente a cortante y torsión se confía exclusivamente a los pernos.
- 2. Comprobaciones sobre los pernos.** Cada perno se ve sometido en el caso más general a un esfuerzo axial y a un esfuerzo cortante, evaluándose cada uno de ellos de forma independiente. El programa considera que en placas apoyadas directamente sobre la cimentación, los pernos solo trabajan a tracción. En caso que la placa esté a cierta altura, los pernos podrán trabajar a compresión, haciéndose la correspondiente comprobación de pandeo sobre los mismos (modelo de viga biempotrada, con posibilidad de corrimiento relativo de los apoyos normal a la directriz $\beta=1$) y la traslación de esfuerzos a la cimentación (aparece flexión debida a los cortantes sobre el perfil). El programa hace tres grupos de comprobaciones en cada perno:
 - Tensión sobre el vástago. Comprobación de que la tensión no supera la resistencia de cálculo del perno.

- Comprobación del hormigón circundante. Aparte del agotamiento del vástago del perno, otra causa de su fallo es la rotura del hormigón que lo rodea por uno o varios de los siguientes motivos: deslizamiento por pérdida de adherencia, arrancamiento por el cono de rotura o rotura por esfuerzo cortante (concentración de tensiones por efecto cuña).

Para calcular el cono de rotura de cada perno, el programa supone que la generatriz del mismo forma 45° con su eje. Se tiene en cuenta la reducción de área efectiva por la presencia de otros pernos cercanos.

- Aplastamiento de la placa. El programa comprueba en cada perno que no se supera el cortante que produciría el aplastamiento de la placa contra el perno.

Todos los pilares se fijarán a las zapatas mediante unas placas de asiento de dimensiones según la tabla que a continuación (Tabla 3):

Tabla 3. Cuadro de placas de anclaje.

Refer. Pilar	Nº	Dimensiones (mm)				Pernos (mm)			
		A	B	e	nº	ϕ	L	D	p
1, 2, 3, 4, 5, 6	6	400	400	18	4	20	400	100	40

Fuente: Elaboración propia.

La forma de unión a la placa será mediante tuerca y contratuerca, encontrándose para ello roscados los últimos 15 cm de cada perno, que a su vez se anclarán a la zapata de hormigón mediante gancho con las dimensiones que se reflejan en el plano correspondiente y ejecutado según instrucción EHE.

4. CIMENTACIÓN

4.1. Cálculo de zapatas

Se realizará el estudio de la cimentación de la estructura con la hipótesis más desfavorable, homogeneizando posteriormente los resultados para los distintos pilares con el fin de evitar un número excesivo de zapatas distintas. Se ha optado por una cimentación con zapatas apoyadas sobre hormigón de limpieza hasta firme de cimentación, ya que se adaptan mejor a las solicitaciones consideradas.

Según la EHE-08 la cimentación de los pilares se realizará mediante zapatas de hormigón armado HA-25 con mallazos de barras de acero B400S de 16 mm de diámetro. Se llegará al firme de cimentación con hormigón HM-20, con una profundidad mínima de 150 cm.

Las características de las zapatas, calculadas con un programa de estructuras tridimensionales, pueden observarse en la Tabla 4 y en la Figura 7, así como en el plano de cimentación adjunto (Plano N° 7.3).

Tabla 4. Características de las zapatas.

REFERENCIA	CANTIDAD	DIMENSIONES cm	ARMADURA	
			Superior (Mallazo)	Inferior
1, 2, 3, 4, 5, 6	6	160x160x65	X:7 ϕ 16/20 cm Y:7 ϕ 16/20 cm	X:7 ϕ 16/20 cm Y:7 ϕ 16/20 cm

Fuente: Elaboración propia.

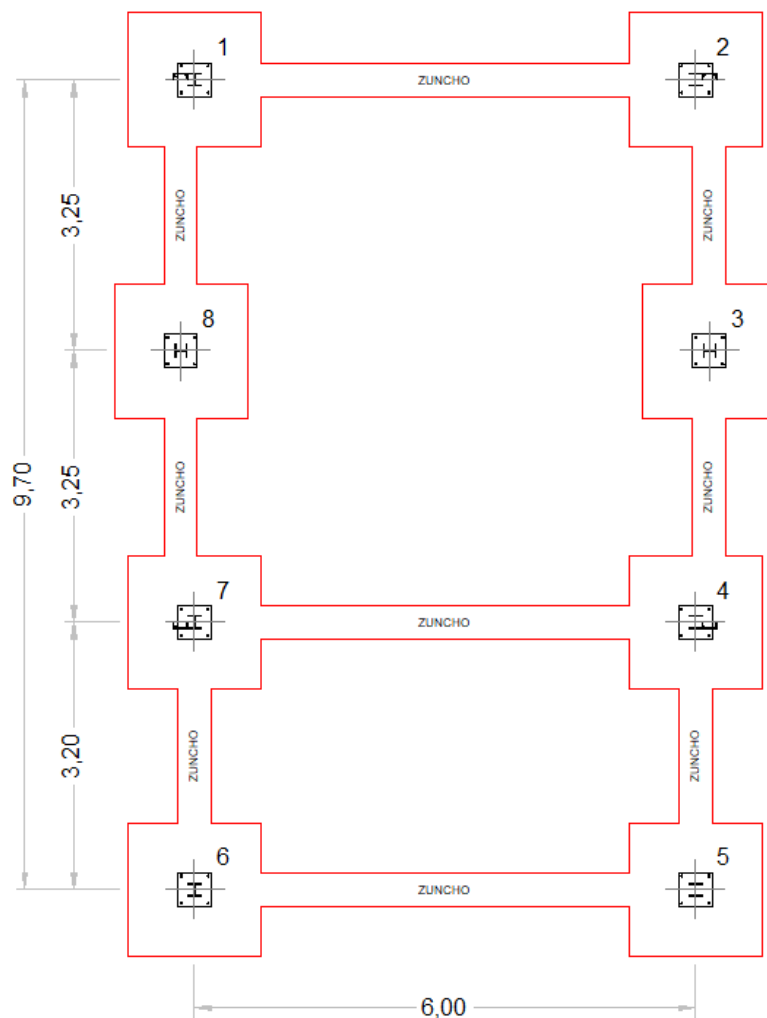


Figura 7. Cimentación.

Fuente: Elaboración propia.

4.2. Zunchos de unión entre zapatas

Se unen las zapatas en el plano perpendicular a los pórticos y en el plano del pórtico, mediante vigas de atado de hormigón armado HA-25 a lo largo de toda la nave. Las vigas de atado sirven para arriostrar las zapatas, absorbiendo los esfuerzos horizontales por la acción del sismo. Los zunchos centradores nos servirán para absorber los esfuerzos cortantes y momentos que les trasmitan los pórticos (efecto de centrado). Los cálculos han sido efectuados bajo la hipótesis de vigas sometidas a flexión compuesta. De forma opcional se dimensionan a flexión para una carga uniforme

producida por la compactación de las tierras y solera superior (aprox. 10 kN/m). Se dimensionan para un momento $p \cdot l^2/12$ positivo y negativo y un cortante $pl/2$, siendo l la luz de la viga.

El programa utilizado para el cálculo y dimensionado de la cimentación realiza para este tipo de vigas comprobaciones de ancho mínimo ($>1/20$ luz), canto mínimo ($>1/12$ luz), flexión y cortante, diámetros mínimos, longitudes de anclaje y separaciones de armaduras, cuantías geométrica mínima de tracción y mecánica, además de fisuración (0,3 mm)

La sección de hormigón, deberá ser tal que no deba ser necesaria la comprobación a pandeo, por lo que la esbeltez geométrica deberá ser menor que 10. Y teniendo en cuenta que la longitud de pandeo es $0,5 \times l$, el lado menor de la viga, b , deberá cumplir:

- $b = 40$ cm
- $a = 40/50$ cm

4.2.1. Cálculo armadura longitudinal

Para el cálculo de la armadura longitudinal, se aplican las siguientes condiciones (Ec. 10, 11 y 12):

$$A_s \geq 0,05 \cdot N_d / f_{yd} \quad Ec. 10$$

$$b \geq 0,05 \cdot l / 10 \quad Ec. 10$$

$$A_s \geq 0,04 \cdot A_c \quad Ec. 12$$

- Vigas de atado:

- Ref C-1 **$2\phi 16$ superior e inferior**

4.2.2. *Cálculo armadura transversal*

Para el cálculo de la armadura transversal, se aplican las siguientes condiciones (Ec. 12 y 13):

$$S \leq 30 \text{ cm}$$

$$S \leq 0,85 \cdot d \quad \text{Ec. 12}$$

$$S \leq 15 \cdot \phi \quad \text{Ec. 13}$$

- Vigasatado:

- Ref C-1 **1 ϕ 8 cada 30 cm**

5. BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES CONSULTADAS

- Documento Básico SE-AE: Seguridad Estructural. Acciones en la Edificación del Código Técnico de la Edificación (RD 314/2006).
- Documento Básico SE-A: Seguridad estructural. Acero. Código Técnico de la Edificación (RD 314/2006).
- Documento Básico SE-C: Seguridad estructural. Cimientos (CTE) y la NCSE 02.
- Real Decreto 1247/2008, de 18 de julio, por el que se aprueba la instrucción de hormigón estructural (EHE-08)
- Norma de Construcción Sismorresistente, NCSE 02.

ANEJO XI

INSTALACIÓN ELÉCTRICA

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	3
2. INSTALACIONES EXISTENTES	3
3. LÍNEA ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN	4
3.1. Metodología	4
3.2. Módulo contadores (CC)	5
3.3. Derivación individual (DI).....	5
3.4. Dispositivos generales de mando y protección (DGMP).....	5
3.5. Previsión de potencia	6
3.6. Instalación eléctrica de fuerza.....	7
3.6.1. Receptores	7
3.6.2. Dimensionamiento de las secciones de los conductores	7
3.7. Protección de las instalaciones	9
3.7.1. Cálculo del cortocircuito	10
3.7.2. Cálculo electrodinámico	13
3.7.3. Comprobación por sollicitación térmica en cortocircuito	13
3.8. Instalación de puesta a tierra.....	14
4. RESULTADOS	15
5. BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES CONSULTADAS	17

1. INTRODUCCIÓN

En este anejo se proyecta la instalación eléctrica necesaria para suplir las necesidades de potencia y alumbrado que requieren las instalaciones de filtrado y bombeo desde la balsa, e impulsión desde el pozo descritas en el presente proyecto.

2. INSTALACIONES EXISTENTES

La energía eléctrica procederá, como se ha comentado anteriormente, de dos centros de transformación ya existentes en la finca, cuya ubicación se muestra a continuación en la Figura 1.

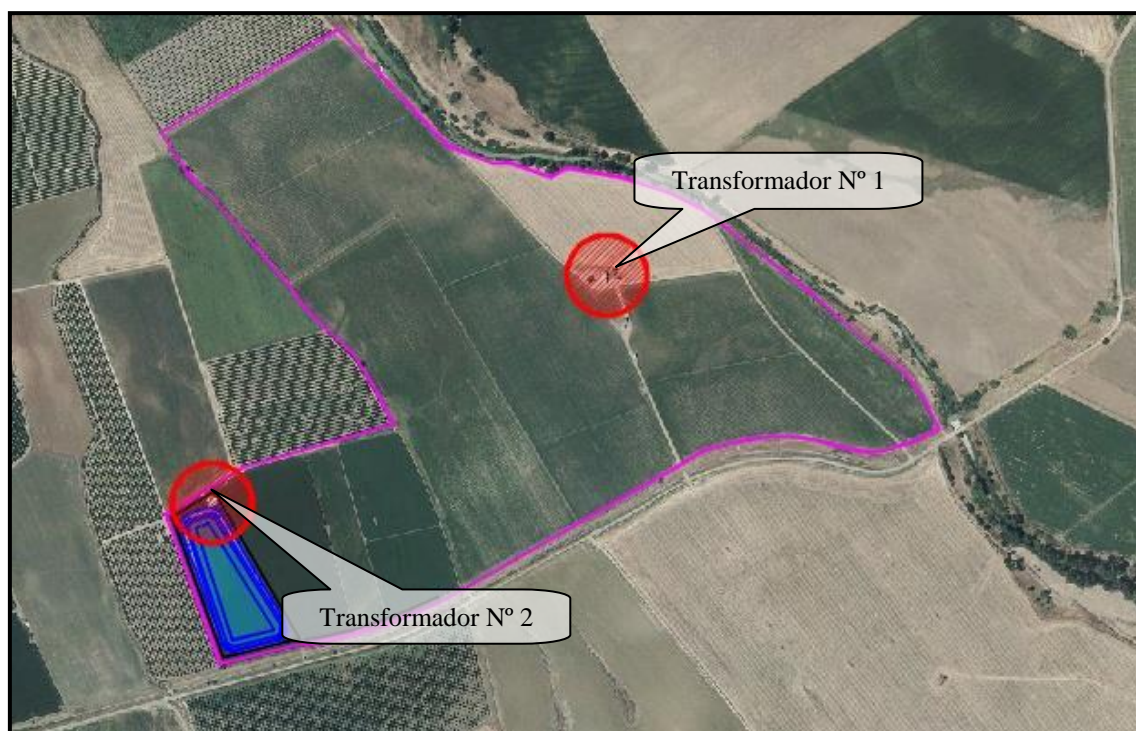


Figura 1. Localización de los transformadores existentes en la finca “Las Mercedes”.

Fuente: Elaboración propia a partir de Ortofoto PNOA, 2018. Instituto Geográfico Nacional.

Se trata de dos transformadores montados en poste a intemperie, cuyas coordenadas (UTRS89) se muestran a continuación en la Tabla 1.

Tabla 1. Coordenadas transformadores N° 1 y N° 2.

	Coord. X	Coord. Y	Huso
Transformador N° 1	291.690,81	4.171.183,36	30
Transformador N° 2	291.081,29	4.170.856,94	30

Fuente: Elaboración propia.

El transformador N° 1, con una potencia de 50 kVA se encuentra próximo al pozo existente y junto a una nave en desuso actualmente. Éste alimentaba el pozo existente para el riego de cultivos anteriores (principalmente herbáceos). De este modo, dado que haremos uso del mismo pozo, servirá este transformador para su alimentación eléctrica, puesto que es compatible con la potencia de la bomba instalada (17,5 kW).

En cuanto al transformador N° 2, éste se encuentra adjunto a unas antiguas naves de maquinaria y bombeo, a las que, anteriormente, se dirigía el agua del pozo para su bombeo a diferentes sectores de riego anteriores al proyecto. Posee una potencia de 100 kVA, por lo que podrá ser utilizado para la alimentación eléctrica a la nave de bombeo y filtrado, que se encuentra próxima a esta instalación.

En el plano N° 8 adjunto se muestra con más detalle la ubicación de los transformadores.

3. LÍNEA ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN

Dado que ya existen los centros de transformación, en el presente anejo nos centraremos en el cálculo de la línea eléctrica de Baja Tensión, para su conexión con dichos transformadores.

3.1. Metodología

Para el cálculo de la instalación eléctrica se ha empleado el software informático CIEBT, para Instalaciones Eléctricas en Baja Tensión.

3.2. Módulo contadores (CC)

Se instalará junto a la Caja General de Protección (CGP), un armario de Plástico Reforzado con Fibra de Vidrio (PRFV) para medida en BT, aislante y autoextinguible, de clase II frente a choques eléctricos, para un contador estático multifunción, 1 regleta de verificación, 3 transformadores de intensidad, pletinas de fase y neutro y 1 borna de tierra, todo ello homologado por la Compañía suministradora, de acuerdo a UNE-EN 60439, UNE 20324 (grado de protección IP43 IK09) y UNE-EN 50102, incluido cableado y protección respectiva e instalado según vigente RBT (ITC BT 16).

3.3. Derivación individual (DI)

La unión del módulo de contadores con los Dispositivos Generales de Mando y Protección (DGMP) se ejecutará según ITC BT 15, con conductores unipolares de cobre RZ1-K 3x50+1x25 mm², bajo tubo de PE de $\varnothing 125$ mm conforme UNE EN 50086 2-4, en montaje enterrado, aislados para una tensión nominal de 0,6/1 kV en sistema trifásico, tendido mediante sus correspondientes accesorios, según ITC BT-21 del vigente RBT y Normas Particulares y Condiciones Técnicas y de Seguridad 2005 de la Cía suministradora.

Los cables serán no propagadores del incendio y con emisión de humos y opacidad reducida. Los cables con características equivalentes a las de la norma UNE 21123 parte 4 o 5; o a la norma UNE 21.1002 (según la tensión asignada del cable), cumplen con esta prescripción.

La caída de tensión máxima admisible será 1,5% (6 V).

3.4. Dispositivos generales de mando y protección (DGMP)

Los dispositivos generales de mando y protección se situarán lo más cerca posible del punto de entrada de la derivación individual (ITC BT 17), en la nave de bombeo, en el interior de un armario metálico, según UNE 20451 y UNE-EN 60439-3, grado protección mínimo IP30 según UNE 20324 e IK07 según UNE-EN 50102. Se instalará adosada, incluido embarrado de protección, y constará de 1 interruptor general

automático de corte omnipolar, interruptores diferenciales para alumbrado (sensibilidad 30 mA) y fuerza (sensibilidad 300 mA), además de interruptores automáticos magnetotérmicos de corte omnipolar de los distintos circuitos, así como puentes o "peines" de cableado, totalmente conexionado y rotulado, según vigente RBT.

La distribución de energía se proyecta del tipo ramificado, partiendo toda ella del cuadro general de mando y protección de la instalación.

Todos los circuitos se protegerán contra sobreintensidades, tanto de origen térmico (sobreconsumo), como de origen magnético (cortocircuito), así como contra corrientes de defecto a tierra (corrientes diferenciales). Para ello se utilizan interruptores de tipo magnético, térmico y diferencial. Las distintas protecciones se instalarán aguas arriba de forma selectiva, atendiendo a una mayor sensibilidad cuanto más cerca de los receptores se encuentren.

3.5. Previsión de potencia

La potencia total que demandará la instalación necesaria en la nave de bombeo y filtrado, se resume como sigue en la Tabla 2:

Tabla 2. Potencia total instalada.

	Potencia instalada (W)
Al int	120
Al emerg	5
TF Subcuad 16/10A	70
Válvula motorizada 1	5.750
Válvula motorizada 2	120
Bomba horizontal (V/V)	30.000
Bomba inyectora	750
Control	400
Total	37.335

Fuente: Elaboración propia.

De estos valores se deduce que:

- Potencia Instalada Alumbrado (W): 195
- Potencia Instalada Fuerza (W): 37.140
- Potencia Máxima Admisible (W): 48.205,02

En el caso de la estimación de potencia demandada por las tomas de fuerza se ha tenido en cuenta un factor de simultaneidad adecuado y el rendimiento de los motores se ha tomado en función de la potencia de cada uno.

Teniendo en cuenta un factor de simultaneidad adecuado para la instalación ($f = 1$).

$$PT = 48.205 \cdot 1 = 48.205 \text{ W}$$

3.6. Instalación eléctrica de fuerza

Desde el cuadro general de mando y protección (CGMP) se distribuirán los circuitos necesarios para alimentar los distintos receptores distribuidos en las instalaciones, mediante las tomas de fuerza y bombas.

3.6.1. Receptores

A efectos de disminuir la punta de intensidad, el arranque de los motores se efectuará por alguno de los procedimientos existentes en la actualidad para tal fin (estrella-triángulo (E/T), arrancador electrónico (AE), variador de velocidad (VV), etc,) que no permitan que la relación de corriente entre el período de arranque y el de marcha normal que corresponda a su plena carga sea superior a la señalada en la tabla 1 de la instrucción ITC BT-47 del vigente REBT.

3.6.2. Dimensionamiento de las secciones de los conductores

El cálculo de las secciones de los conductores se ha realizado teniendo en cuenta las intensidades máximas admisibles, según las tablas de las instrucciones ITC BT 06, ITC BT 07 e ITC BT 19, y comprobando que la caída de tensión desde el origen de la instalación en baja tensión no supere el 6,5 % de la tensión nominal (o sea, 26V para

c.a. trifásica y 14,95 V para c.a. monofásica), según se dispone en ITC BT 19, para instalaciones industriales que se alimenten directamente en alta tensión mediante un transformador de distribución propio.

La expresión empleada para el cálculo de las intensidades nominales absorbidas por cada motor ha sido (Ecuaciones 1 y 2):

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos(\varphi) \cdot \eta} \quad Ec. 1$$

$$I = \frac{P}{V \cdot \cos(\varphi) \cdot \eta} \quad Ec. 2$$

Donde:

- I , Intensidad nominal absorbida por el motor (A).
- P , Potencia que consume (W).
- V , Tensión nominal (400 o 230 V).
- $\cos(\varphi)$, Factor de potencia.
- η , Rendimiento del motor.

Para la determinación de la sección de los conductores de alimentación se considerará un valor de la intensidad igual al 125% de la intensidad nominal determinada en la expresión expuesta anteriormente.

Para las líneas de alimentación al cuadro de control del motor, desde el cuadro general, se considerará una intensidad igual a la suma del 125% de la intensidad nominal del motor de mayor potencia, más las intensidades nominales del resto de motores alimentados por dicho cuadro (ITC BT 47).

Para la arteria general de fuerza, la intensidad considerada será la suma de las intensidades de las derivaciones a las que abastece, calculada como la suma del 125% de la intensidad nominal del cuadro más cargado más las intensidades nominales establecidas para el resto de los cuadros de control de motores (ITC BT 47).

En cuanto a la caída de tensión, para las líneas distribuidoras y derivaciones a motor de arranque directo, la expresión a adoptar para el cálculo será la siguiente (Ecuaciones 3 y 4):

$$C.A.Trifásica \quad \Delta V = \frac{\sqrt{3}\rho}{s} \cdot (I_L \cdot \cos(\varphi)) \cdot L \quad Ec.3$$

$$C.A.Monofásica \quad \Delta V = \frac{2\rho}{s} \cdot (I_L \cdot \cos(\varphi)) \cdot L \quad Ec.4$$

Donde:

- ΔV , Caída de tensión (V).
- ρ , Resistividad del cobre ($0,017\Omega mm^2/m$).
- I_L , Intensidad total de línea que recorre el tramo, mayorada (A).
- $\cos(\varphi)$, Factor de potencia.
- S , Sección (mm^2).

En el cuadro adjunto de cálculo de la instalación de distribución interior (Tablas 3 y 4) se muestran los resultados obtenidos de sección y caída de tensión para cada conductor, a partir del cuadro general de mando y protección y caída de tensión máxima.

3.7. Protección de las instalaciones

El Cuadro General de Mando y Protección de las instalaciones será aislante, incombustible y estanco, homologado para estos usos según UNE 20451 y UNE EN 60439-3, formado por armario metálico de grado de protección IP55 IK10 fabricado en chapa electrozincada de 1,5 mm color gris claro RAL 7035, dotado de placa de montaje, regleta y carriles DIN reforzados, así como puentes o "peines" de cableado, totalmente conexionado y rotulado, según vigente RBT, con capacidad para los elementos reflejados en el esquema unifilar.

Cada elemento susceptible de ser automatizado como la bomba y las válvulas, se cableará mediante circuito de señalización (uno por cada parámetro a controlar)

formado por conductor bifilar de cobre 2x1,5 mm² PVC bajo tubo (enterrado o aéreo) que conectará el elemento en cuestión con el cuadro de automatización de la instalación. Esta instalación cumplirá lo establecido en la instrucción ITC BT-36 y 51 del RBT, además de cualquiera otra normativa que le sea afectada.

3.7.1. Cálculo del cortocircuito

El software de cálculo CIEBT, empleado para el dimensionamiento de la instalación eléctrica, calcula la intensidad de cortocircuito en origen de línea, poder de corte de las protecciones, intensidad de cortocircuito en fin de línea, curvas válidas B, C o D para asegurar que actúa el dispositivo de protección a cortocircuito (relé electromagnético), comprobación que la intensidad de cortocircuito es superior a la intensidad de fusión de fusibles en 5 s, tiempo de actuación de los fusibles, tiempo que soporta el conductor la intensidad de cc, longitud máx. protegida a cc y cálculo de los embarrados de cuadros.

Las expresiones empleadas se relacionan a continuación (Ecuaciones 5 y 6):

$$I_{pccI} = \frac{C_i \cdot U}{\sqrt{3} \cdot Z_t} \quad Ec. 5$$

Donde:

- I_{pccI} , Intensidad permanente de cortocircuito en inicio de línea en kA.
- C_i , coeficiente de tensión.
- U , tensión trifásica (V).
- Z_t , Impedancia total (mΩ), aguas arriba del punto de cortocircuito (sin incluir la línea o circuito en estudio).

$$I_{pccI} = \frac{C_i \cdot U}{2 \cdot Z_t} \quad Ec. 6$$

Donde:

- I_{pccI} , Intensidad permanente de cortocircuito en inicio de línea en kA.
- C_i , coeficiente de tensión.

- U , tensión monofásica (V).
- Z_b , Impedancia total ($m\Omega$, incluyendo la línea o circuito (por tanto, es igual a la impedancia en origen más la propia del conductor o línea).

La impedancia total hasta el punto de cortocircuito será (Ec. 7):

$$Z_t = \sqrt{R_t^2 + X_t^2} \quad \text{Ec. 7}$$

Donde:

- $R_t = R_1 + R_2 + \dots + R_n$ (suma de las resistencias de las líneas aguas arriba hasta el punto de cortocircuito).
- $X_t = X_1 + X_2 + \dots + X_n$ (suma de las reactancias de las líneas aguas arriba hasta el punto de cortocircuito).
- $R = L \cdot 1.000 \cdot C_R / K \cdot S \cdot n$ (mOhm).
- $X = X_u \cdot L / n$ (mOhm).
- R , Resistencia de la línea (mOhm).
- X , Reactancia de la línea (mOhm).
- L , Longitud de la línea (mOhm).
- C_R , Coeficiente de resistividad.
- K , Conductividad del metal.
- S , Sección de la línea en mm^2 .
- X_u , Reactancia de la línea, en mohm por metro.
- n , n° de conductores por fase.

El tiempo máximo que con conductor soportará una intensidad permanente de cortocircuito (I_{pcc}), viene dado por la siguiente ecuación (Ec. 8):

$$t_{mcicc} = C_c \cdot \frac{S^2}{I_{pcc}^2 F^2} \quad \text{Ec. 8}$$

Siendo:

- t_{mcicc} , Tiempo máximo que un conductor soporta una I_{pcc} (s).

- C_c , Constante que depende de la naturaleza del conductor y de su aislamiento.
- S Sección de la línea (mm^2).
- $I_{pcc}F$: Intensidad permanente de c.c. en fin de línea (A).

El tiempo de fusión de un fusible para una determinada intensidad de cortocircuito, viene dado por la siguiente ecuación (Ec. 9):

$$t_{mcicc} = \frac{\text{Constante fusible}}{I_{pcc}F^2} \quad \text{Ec. 9}$$

Siendo:

- t_{ficc} , Tiempo de fusión de un fusible para una determinada intensidad de cortocircuito.
- $I_{pcc}F$: Intensidad permanente de c.c. en fin de línea (A).

La longitud máxima del conductor protegido a cortacircuito (m), viene dada por la siguiente ecuación (Ec. 10):

$$L_{m\acute{a}x} = \frac{0,8 \cdot U_F}{2 \cdot I_{F5}} \cdot \sqrt{\frac{1,5}{(K \cdot S \cdot n)^2} + \frac{X_u}{(n \cdot 1.000)^2}} \quad \text{Ec. 10}$$

Siendo:

- $L_{m\acute{a}x}$, Longitud máxima de conductor protegido a c.c. (m) (para protección por fusibles).
- U_F , Tensión de fase (V).
- K , Conductividad.
- S , Sección del conductor (mm^2).
- X_u , Reactancia por unidad de longitud (mohm/m). En conductores aislados suele ser 0,1.
- n , nº de conductores por fase.
- C_b , Es el coeficiente de tensión (0,8).
- CR , Es el coeficiente de resistencia (1,5).

- I_{F5} , Intensidad de fusión en amperios de fusibles en 5 sg.
- Curvas válidas. (Para protección de Interruptores automáticos dotados de Relé electromagnético).
- CURVA B $IMAG = 5 I_n$
- CURVA C $IMAG = 10 I_n$
- CURVA D Y MA $IMAG = 20 I_n$

3.7.2. Cálculo electrodinámico

La tensión máxima en las pletinas se calcula con la siguiente expresión (Ec. 11):

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{I_{pcc}^2 \cdot L^2}{60 \cdot d \cdot W_y \cdot n} \quad Ec. 11$$

Siendo:

- σ_{max} , Tensión máxima en las pletinas (kg/cm^2).
- I_{pcc} , Intensidad permanente de c.c. (kA).
- L , Separación entre apoyos (cm).
- d , Separación entre pletinas (cm).
- n , n° de pletinas por fase.
- W_y , Módulo resistente por pletina eje y-y (cm^3).
- σ_{adm} , Tensión admisible material (kg/cm^2).

3.7.3. Comprobación por solicitudación térmica en cortocircuito

La comprobación por solicitudación térmica en cortocircuito se obtiene con el cálculo de la intensidad de cortocircuito soportada por el conductor durante el tiempo de duración del cortocircuito (kA) (Ec. 12).

$$I_{cccs} = \frac{K_c \cdot S}{(100 \cdot \sqrt{t_{cc}})} \quad Ec. 12$$

Siendo:

- I_{pcc} , *Intensidad permanente de c.c. (kA).*
- I_{cccs} , *Intensidad de c.c. soportada por el conductor durante el tiempo de duración del c.c. (kA).*
- S , *Sección total de las pletinas (mm²).*
- t_{cc} , *Tiempo de duración del cortocircuito (s).*
- K_c , *Constante del conductor: Cu = 164, Al = 107.*

Sustituyendo los valores, se obtiene:

$$I_{cccs} = \frac{164 \cdot 60 \cdot 1}{(100 \cdot \sqrt{0,5})} = 13,92 \text{ kA}$$

3.8. Instalación de puesta a tierra

Atendiendo a lo dictado por la Instrucción ITC BT 18, para la protección de las personas respecto a un defecto eléctrico y teniendo en cuenta que la instalación proyectada corresponde a un esquema de distribución TT (Neutro de B.T. a tierra y masas de los receptores a tierra separada, según ITC BT 08) se comprueba que existe en las instalaciones el sistema formado por un interruptor diferencial y puesta a tierra de las masas mediante un electrodo de cobre, limitando a 24 V cualquier tensión de contacto que pudiera aparecer entre tierra y cualquier masa accesible.

Este electrodo artificial es cable conductor de cobre desnudo de 35 mm² de sección (clase 2 según UNE 21.022), enterrado horizontalmente en la apertura de las zapatas de cimentación a lo largo del perímetro de la nave, con unión a la estructura metálica de la misma a través de soldadura aluminotérmica. Se disponen 4 puntos de puesta a tierra constituidos por borne de conexión que permita la unión entre conductores de la línea de enlace y la principal de tierra, de forma que puedan separarse estas con el fin de poder realizar la medida de la resistencia a tierra. El punto de

conexión con la instalación eléctrica correspondiente se hará a través de una arqueta de puesta a tierra.

Según el RBT la tensión máxima de contacto V_c es 24 V y como el valor de la intensidad de descarga en circuitos de fuerza, que equivale a la sensibilidad del interruptor diferencial, es $I_{dm\acute{a}x} = 300 \text{ mA} = 0,3 \text{ A}$, tenemos que el valor de la resistencia de tierra (Ec. 13):

$$V_c = R_T \cdot I_d \leq 24 \text{ V} \quad R_T < \frac{24}{0,3} < 80\Omega \quad \text{Ec. 13}$$

4. RESULTADOS

Los resultados obtenidos se reflejan en las siguientes tablas (Tablas 3 y 4):

Tabla 3. Cuadro General de Mando y Protección.

Denominación	P.Cálculo (W)	Dist.Cálc (m)	Sección (mm ²)	I.Cálculo (A)	I.Adm. (A)	C.T.Parc. (%)	C.T.Total (%)	Dimensiones(mm) Tubo,Canal,Band.
DERIVACION IND.	44935	15	4x16Cu	66.18	100	0.54	0.54	
Alumbrado	175.5	0.3	2x1.5Cu	0.76	16.5	0	0.54	
Al int	120	25	2x1.5+TTx1.5Cu	0.52	15	0.15	0.69	16
Al emerg	5	12	2x1.5+TTx1.5Cu	0.02	15	0	0.54	
Al ext	70	12	2x1.5+TTx1.5Cu	0.3	15	0.04	0.58	16
Fuerza	5750	0.3	4x2.5Cu	9.76	21	0.01	0.54	
TF Subcuad 16/10A	5750	35	4x2.5+TTx2.5Cu	9.76	18.5	1.01	1.55	
Valvula Motoriz 1	150	20	3x2.5+TTx2.5Cu	0.56	22	0.03	0.56	
Valvula Motoriz 2	150	22	3x2.5+TTx2.5Cu	0.56	22	0.03	0.57	20
Bomba horiz (V/V)	37500	7.5	3x10+TTx10Cu	58.83	65	0.43	0.96	7
Bomba inyectora	937.5	15	3x2.5+TTx2.5Cu	2.32	22	0.09	0.63	20
Control	500	1	2x16+TTx16Cu	2.17	73	0	0.54	
PLC	5	5	2x2.5+TTx2.5Cu	0.21	21	0.07	0.07	20
Caudalimetro	8	100	2x2.5+TTx2.5Cu	0.33	21	2.16	2.16	20

Fuente: Elaboración propia con software CIEBT.

Tabla 4. Cortocircuito.

Denominación	Longitud (m)	Sección (mm ²)	I_{pecl}	P de C (kA)	I_{pecF} (A)	t_{meicc} (s)	Curvas válidas
DERIVACION IND.	15	4x16Cu	12	15	2650.1	0.75	80;B,C,D
Alumbrado	0.3	2x1.5Cu	5.32		2362.73	0.01	
Al int	25	2x1.5+TTx1.5Cu	4.74	6	232.55	0.55	10;B,C,D
Al emerg	12	2x1.5+TTx1.5Cu	4.74	6	438.2	0.15	10;B,C,D
Al ext	12	2x1.5+TTx1.5Cu	4.74	6	438.2	0.15	10;B,C,D
Fuerza	0.3	4x2.5Cu	5.32	6	2469.98	0.01	10;B,C,D
TF Subcuad 16/10A	35	4x2.5+TTx2.5Cu	4.96		273.18	1.11	
Valvula Motoriz 1	20	3x2.5+TTx2.5Cu	5.32	6	447.33	0.64	0.63;B,C,D
Valvula Motoriz 2	22	3x2.5+TTx2.5Cu	5.32	6	412.93	0.75	0.63;B,C,D
Bomba horiz (V/V)	7.5	3x10+TTx10Cu	5.32	6	1818.02	0.62	63;B,C,D
Bomba inyectora	15	3x2.5+TTx2.5Cu	5.32	6	565	0.4	2.5;B,C,D
Control	1	2x16+TTx16Cu	5.32		2553.18	0.52	
PLC	5	2x2.5+TTx2.5Cu	0.13	4.5	48.84	34.65	16
Caudalimetro	100	2x2.5+TTx2.5Cu	0.13	4.5	9.5	916.44	16;B,C,D

Fuente: Elaboración propia con software CIEBT.

5. BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES CONSULTADAS

- Red Eléctrica d España
<http://www.ree.es/es/> (Septiembre 2018).
- REGLAMENTO ELECTROTÉCNICO PARA BAJA TENSIÓN E INSTRUCCIONES
TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS (ITC) BT 01 A BT 51.

ANEJO XII

**ESTUDIO DE GESTIÓN DE RESIDUOS
DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN**

ÍNDICE

1. OBJETIVO DEL PLAN.....	4
2. NORMATIVA APLICABLE	5
2.1. Normativa comunitaria	5
2.2. Normativa nacional.....	5
3. CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA.....	6
3.1. Generalidades.....	6
3.2. Emplazamiento	7
3.3. Plazo de ejecución	7
3.4. Responsables.....	7
4. ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE RESIDUOS GENERADOS.....	7
4.1. Residuos no peligrosos	7
4.2. Residuos peligrosos	8
5. MEDIDAS PARA LA PREVENCIÓN Y SEPARACIÓN DE RESIDUOS	8
5.1. Medidas a adoptar para la prevención de RCD	8
5.1.1. <i>Para mejorar la gestión de residuos de tierras</i>	8
5.1.2. <i>Para gestionar correctamente los escombros minerales o vegetales</i>	9
5.1.3. <i>Para gestionar correctamente los residuos de chatarra</i>	9
5.1.4. <i>Para gestionar correctamente los residuos de madera</i>	9
5.1.5. <i>Para gestionar correctamente los residuos de aceites minerales y sintéticos</i>	9
5.1.6. <i>Para gestionar correctamente los residuos de fluorescentes o mercuroluminiscentes</i>	10
6. REUTILIZACIÓN, VALORACIÓN O ELIMINACIÓN	10
7. INSTALACIONES PREVISTAS PARA LA GESTIÓN	11
8. VALORACIÓN DEL COSTE PREVISTO.....	11

9. BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES CONSULTADAS	12
---	----

1. OBJETIVO DEL PLAN

Por gestión de residuos se entiende la recogida, el almacenamiento, el transporte, la valorización y la eliminación de los mismos, incluida la vigilancia de estas actividades, así como de los lugares de depósito o vertido después de su cierre.

En consecuencia, el Plan de gestión de residuos se estructura según las etapas y objetivos siguientes:

- ❖ En primer lugar, se identifican los materiales presentes en obra y la naturaleza de los residuos que se van a originar en cada etapa de la obra. Esta clasificación se toma con arreglo a la Lista Europea de Residuos publicada por Orden MAM/304/2002 y sus modificaciones posteriores.
- ❖ Para cada tipo específico de residuo generado se hace una estimación de su cantidad. En esta fase conviene también tener en consideración datos provenientes de la experiencia acumulada en obras previas por la empresa constructora, según su propia forma de trabajar y los medios auxiliares de que se sirven.
- ❖ A continuación, se definen los agentes intervinientes en el proceso, tanto los responsables de obra en materia de gestión de residuos como los gestores externos a la misma que intervendrán en las operaciones de reutilización secundaria.
- ❖ Finalmente se definen las operaciones de gestión necesarias para cada tipo de residuo generado, en función de su origen, peligrosidad y posible destino. Estas operaciones comprenden fundamentalmente las siguientes fases: recogida selectiva de residuos generados, reducción de los mismos, operaciones de segregación y separación en la misma obra, almacenamiento, entrega y transporte a gestor autorizado, posibles tratamientos posteriores de valorización y vertido controlado.

El contenido de este estudio ha de complementarse con un presupuesto o valoración del coste de gestión previsto (alquiler de contenedores, costes de transporte, tasas y cánones de vertido aplicables, así como los de la gestión misma). También deben incluirse en el estudio los planos de las instalaciones previstas para almacenamiento, manejo y otras operaciones de gestión en obra.

2. NORMATIVA APLICABLE

2.1. Normativa comunitaria

- Directiva 2006/12/CE del Parlamento Europeo y del Consejo relativa a los residuos.
- Directiva 99/31/CE relativa al vertido de residuos.
- Directiva 94/62/CE del Parlamento Europeo y del Consejo relativa a los envases y residuos de envases y directivas 2004/12/CE y 2005/20/CE que la modifican.
- Directivas 91/689/CEE y 94/904/CE del Parlamento Europeo y del Consejo sobre residuos peligrosos y directiva 94/31/CEE que los modifica.
- Directiva 75/442/CEE del Parlamento Europeo y del Consejo relativa a los residuos y directivas 91/156/CEE y 94/31/CE que la modifican.

2.2. Normativa nacional

- R.D. 105/2008 por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.
- R.D. 679/2006 por el que se regula la gestión de los aceites industriales usados.
- R.D. 208/2005 sobre aparatos eléctricos y electrónicos y la gestión de sus residuos.
- Plan Nacional Integrado de Residuos 2.005-2.017 y Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición 2001-2006.
- R.D. 653/2003 sobre incineración de residuos y R.D. 1217/1997 sobre incineración de residuos peligrosos.
- Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación y reglamentos posteriores que la desarrollan.

- Orden 304/2002 del Ministerio de Medio Ambiente, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos, y corrección de errores publicada en B.O.E. del 12/03/2002.
- R.D. 1481/2001 por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero.
- R.D. 1378/1999 por el que se establecen medidas para la eliminación y gestión de los PCB, PCT y aparatos que lo contengan, y R.D. 228/2006 que lo modifica.
- Ley 10/1998 de Residuos (BOE núm. 96, de 22 de abril) y ley 62/2003 que la modifica.
- Ley 11/1997, de 24 de abril, de Envases y Residuos de Envases y R.D. 782/1998 y 252/2006 que la desarrollan y modifican.
- R.D. 45/1996 por el que se regulan diversos aspectos relacionados con las pilas y los acumuladores que contengan determinadas sustancias peligrosas.
- R.D. 363/1995 de aprobación del Reglamento sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas.
- Ley 20/1986 básica de residuos tóxicos y peligrosos y R.D. 952/1997 y 833/1998 que la desarrollan.
- Toda aquella normativa de Prevención y Seguridad y Salud que resulte de aplicación debido a la fabricación, distribución o utilización de residuos peligrosos o sus derivados.

3. CARACTERÍSTICAS DE LA OBRA

3.1. Generalidades

El objeto de la obra a realizar, así como la descripción de la misma se detallan en la memoria y los diferentes anejos del presente Proyecto de Ejecución.

Éste recoge la definición total de las fases de construcción, tanto las de obra civil como para las instalaciones.

3.2. Emplazamiento

Las parcelas objeto de estudio están situadas en la finca “Las Mercedes”, en el Término Municipal de Palma del Río, provincia de Córdoba.

3.3. Plazo de ejecución

El plazo de ejecución será de 6 meses, a partir de la fecha del acta de replanteo.

3.4. Responsables

- **Productor:** La empresa constructora.
- **Gestor:** Vertedero autorizado en la zona de la obra.

4. ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE RESIDUOS GENERADOS

4.1. Residuos no peligrosos

Los residuos considerados no peligrosos generados durante la obra serán, de manera aproximada, los que se muestran a continuación en la Tabla 1:

Tabla 1. Cantidad aproximada de residuos no peligrosos generados durante la obra.

Código LER	Descripción y unidad de medida	Cantidad
15 01 01	Envases de papel y cartón (m ³)	14
15 01 02	Envases de plástico (m ³)	6
17 01 02	Ladrillos (m ³)	2
17 02 01	Madera (m ³)	8
17 04 03	Plástico (m ³)	2
17 04 05	Hierro y acero (m ³)	150
17 09 04	Residuos mezclados que no contienen sustancias peligrosas ni están contaminados (m ³)	5

Fuente: Elaboración propia.

4.2. Residuos peligrosos

Los residuos considerados como peligrosos son, según la Tabla 2:

Tabla 2. Cantidad aproximada de residuos considerados como peligrosos generados durante la obra.

Código LER	Descripción y unidad de medida	Cantidad
08 01 11	Pintura y barniz con disolventes orgánicos u otras sustancias peligrosas (l)	1

Fuente: Elaboración propia.

5. MEDIDAS PARA LA PREVENCIÓN Y SEPARACIÓN DE RESIDUOS

Bajo el concepto de prevención se incluyen todas aquellas medidas que consigan reducir la cantidad de residuos de construcción y demolición (RCD) que sin su aplicación se producirían, o bien que consigan reducir la cantidad de sustancias peligrosas contenidas en los RCD que se generen.

También se incluyen dentro del concepto de prevención todas aquellas medidas que mejoren la reciclabilidad de los productos que, con el tiempo, se convertirán en residuos, en particular disminuyendo su contenido en sustancias peligrosas.

Todas las medidas anteriores, deben apuntar a la reducción en origen de la generación de RCD.

5.1. Medidas a adoptar para la prevención de RCD

5.1.1. Para mejorar la gestión de residuos de tierras

- Se incorporan al terreno de la propia obra.
- Se depositan en predios cercanos o vecinos, con autorización del propietario.

5.1.2. Para gestionar correctamente los escombros minerales o vegetales

- Los escombros vegetales se acopian en terreno con pendiente $< 2\%$.
- Los escombros vegetales se acopian a > 100 m de curso de agua.
- Se planifica la demolición para poder clasificar los escombros.
- Se reciclan los escombros.
- Se planifica el desbroce eliminando las especies de mayor a menor tamaño.
- Se conservan las ramas pequeñas y las hojas sobrantes para revegetar.
- Escombros vegetales se trasladan a planta de compostaje.

5.1.3. Para gestionar correctamente los residuos de chatarra

- Los acopios de chatarra férrica o de plomo no vierten escorrentías a cauce público.
- Se acopian separadamente y se reciclan.

5.1.4. Para gestionar correctamente los residuos de madera

- Se acopian separadamente y se reciclan, reutilizan o llevan a vertedero autorizado.
- Los acopios de madera están protegidos de golpes o daños.

5.1.5. Para gestionar correctamente los residuos de aceites minerales y sintéticos

- Se establece una sistemática para almacenamiento y recogida por GA.
- Se recogen en envases sólidos y resistentes, sin defectos estructurales ni fugas.
- Se depositan en bidones, que se trasladan cerrados desde el taller hasta el almacén.
- Se almacenan en cisterna de 3.000 l reconocible y con letrero etiquetado.
- Se almacenan evitando mezclas con agua, con residuos oleaginosos, o con policlorofenilos, u otros RP.
- Se avisa al GA cuando la cisterna está $\frac{3}{4}$ llena, o a los cinco meses de almacenamiento.
- Se evitan vertidos en cauces o en alcantarillado.

- Se evitan depósitos en el suelo.
- Se evitan tratamientos que afecten a la atmósfera.
- Se inscriben en la hoja de control interno de RP.
- Se reduce la cantidad generada reduciendo la frecuencia de cambio de aceite.
- Se reduce la cantidad generada manteniendo las máquinas en buen estado.
- Se reduce la cantidad generada usando las máquinas en su rango de mayor eficiencia.

5.1.6. Para gestionar correctamente los residuos de fluorescentes o mercuroluminiscentes

- Se establece una sistemática para almacenamiento y recogida por GA.
- Se evita su rotura.
- Se reduce su número por aumento de la vida útil mediante:
 - a) Buen mantenimiento.
 - b) Uso en el rango de mayor eficiencia.
 - c) Mejora tecnológica.

6. REUTILIZACIÓN, VALORACIÓN O ELIMINACIÓN

Los residuos peligrosos que se generen en la obra se entregarán a un gestor autorizado de residuos peligrosos.

Los residuos no peligrosos se gestionarán de la siguiente forma (Tabla 3):

Tabla 3. Destino de residuos no peligrosos generados durante la obra.

Código LER	Descripción y unidad de medida	Destino
15 01 01	Envases de papel y cartón (m ³)	Planta de reciclaje
15 01 02	Envases de plástico (m ³)	Planta de reciclaje
17 01 02	Ladrillos (m ³)	Vertedero
17 02 01	Madera (m ³)	Gestor autorizado
17 04 03	Plástico (m ³)	Gestor autorizado

Código LER	Descripción y unidad de medida	Destino
17 04 05	Hierro y acero (m ³)	Gestor autorizado
17 09 04	Residuos mezclados que no contienen sustancias peligrosas ni están contaminados (m ³)	Vertedero

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a operaciones de valorización "in situ" de los residuos generados, no hay previsión de reutilización en la misma obra o en emplazamientos externos, simplemente serán transportados a planta de reciclaje y vertedero autorizado.

7. INSTALACIONES PREVISTAS PARA LA GESTIÓN

- Acopios o contenedores de los distintos tipos de RCD (tierras, pétreos, maderas, plásticos, metales, vidrios, cartones, etc.).
- Almacenamiento de residuos y productos tóxicos potencialmente peligrosos.
- Ubicación de materiales reciclados como áridos, materiales cerámicos o tierras a reutilizar.

8. VALORACIÓN DEL COSTE PREVISTO

A continuación se muestra la Tabla 5, en la que se expone la valoración aproximada del coste previsto.

Tabla 5. Valoración del coste previsto.

Resumen	Cantidad	Ud	Precio (€)	Importe (€)
Cambio contenedor 7 m³	5	Ud	122,86	614,30
Carga escombros S/Camión a máquina	30,00	m ³	1,43	42,90
Carga escombros S/Contenedor	5,00	m ³	16,49	82,45
Transporte escombros a vertedero <10 Km	35,00	m ³	6,82	238,70
Canon de vertido de escombros en vertedero	35,00	m ³	4,10	143,50
Total (€)				1.121,85

Fuente: Elaboración propia.

9. BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES CONSULTADAS

- Directiva 99/31/CE relativa al vertido de residuos.
- Directiva 94/62/CE del Parlamento Europeo y del Consejo relativa a los envases y residuos de envases y directivas 2004/12/CE y 2005/20/CE que la modifican.
- Directivas 91/689/CEE y 94/904/CE del Parlamento Europeo y del Consejo sobre residuos peligrosos y directiva 94/31/CEE que los modifica.
- Directiva 75/442/CEE del Parlamento Europeo y del Consejo relativa a los residuos y directivas 91/156/CEE y 94/31/CE que la modifican.
- R.D. 105/2008 por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.
- Plan Nacional Integrado de Residuos 2.005-2.017 y Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición 2001-2006.
- Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación y reglamentos posteriores que la desarrollan.

ANEJO XIII

PLAN DE CONTROL DE CALIDAD

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	4
2. MOVIMIENTO DE TIERRAS.....	4
2.1. Desarrollo.....	4
3. LÁMINAS IMPERMEABILIZANTES	5
3.1. Geotextil.....	5
3.2. Lámina de polietileno de alta densidad (PEAD)	6
3.2.1. Plan de control	7
4. CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA.....	8
4.1. Cimentación	8
4.1.1. Calidades	8
4.1.2. Desarrollo.....	8
4.2. Estructura	8
4.2.1. Calidades	8
4.2.2. Desarrollo.....	8
4.2.3. Plan de control	9
5. CUBIERTAS.....	9
5.1. Calidades.....	9
5.2. Desarrollo.....	10
6. CERRAMIENTOS.....	10
6.1. Calidades y desarrollo.....	10
6.1.1. Exteriores	10
7. PAVIMENTACIÓN.....	10
7.1. Calidades.....	10
7.2. Desarrollo.....	11
8. INSTALACIÓN ELÉCTRICA	11

8.1.	Calidades y desarrollo.....	11
9.	CARPINTERÍA METÁLICA.....	12
9.1.	Calidades y desarrollo.....	12
10.	VIDRIOS	12
10.1.	Calidades y desarrollo	12
11.	CONDUCCIONES.....	12
11.1.	Generalidades a cumplir por todas las tuberías	12
11.2.	Piezas de calderería metálicas	14
11.3.	Tuberías y accesorios de PE.....	15
11.4.	Tuberías de PE Corrugado	15
11.5.	Tubería de Acero Helicosoldada	16
12.	VALVULERÍA	16
12.1.	Válvulas de compuerta	16
12.2.	Válvulas de retención	17
12.3.	Válvulas de mariposa	17
12.4.	Ventosa Trifuncionales	18
12.5.	Válvulas de esfera	18
12.6.	Tornillería.....	19
13.	BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES CONSULTADAS	20

1. INTRODUCCIÓN

El presente anejo se redacta con el fin de especificar las actuaciones de control de calidad, que se llevarán a cabo, como mínimo, durante la ejecución de las obras para garantizar que se cumplen todos los requisitos de calidad, incluidos en el Pliego de Prescripciones Técnicas del *“Modernización Agrícola de la finca ‘Las Mercedes’, en el Término Municipal de Palma del Río, provincia de Córdoba”*.

Con este programa se pretende que se cumplan todos los controles establecidos y que se efectúe un seguimiento de los materiales, de la fabricación, del montaje y del funcionamiento de éstos y de todas las ejecuciones a realizar.

Así mismo, en todo sistema de control deberá quedar garantizada la fiabilidad e independencia de los resultados emitidos por la entidad o empresa acreditada.

2. MOVIMIENTO DE TIERRAS

Previo a cualquier trabajo de movimiento de tierras, se procederá al vallado de las zonas afectadas y se adoptarán cuantas medidas de seguridad sean necesarias para la correcta realización de los trabajos sin que puedan producirse daños a personas o bienes.

2.1. Desarrollo

Replantando el perímetro de la nave, se procederá al vaciado a fin de buscar la base de cimentación para la zapatas o pozos. En cualquier caso, se seguirán las especificaciones del Estudio Geotécnico.

Las paredes de zapatas y vigas riostras se dejarán verticales y el fondo limpio y horizontal.

La profundidad del cimiento será la que en cualquier caso determine la Dirección Facultativa, llegándose al terreno firme, con un mínimo de 1,50 m.

Se prestará especial atención al replanteo, así como a las características del firme, comprobándose previamente por la dirección técnica.

El material a emplear en los terraplenes de las balsas, será suelo adecuado que se obtendrá de las excavaciones o de préstamos que se definan. Cumplirá las siguientes condiciones:

- No contendrá elementos o piedras de tamaño superior a diez (10) centímetros y su cernido por el tamiz 0,080 UNE será menor que el cincuenta por ciento (50%) en peso y mayor del doce por ciento (12%).
- Su límite líquido será inferior a 40 ($LL < 40$).
- La densidad máxima Proctor Normal no será inferior a mil novecientos kilogramos (1.900) por metro cúbico.
- El índice CBR será mayor de cinco (5) ($CBR > 5$).
- El hinchamiento medido en dicho ensayo será inferior al dos por ciento (2%).

El material a emplear en cimientos y núcleos de terraplén será suelo tolerable que se obtendrá de las excavaciones, o de préstamos.

3. LÁMINAS IMPERMEABILIZANTES

3.1. Geotextil

Será un fieltro punzonado de fibras varias de poliéster, no degradables, inalterable a los rayos ultra violeta, imputrescible y de gran permeabilidad, se clasificará según su peso por unidad de superficie (g/m^2), pudiendo adoptar los siguientes valores: 150, 200, 250, 300 y 500. En todos los casos deberá cumplir los siguientes valores mínimos (Tabla 1):

Tabla 1. Valores mínimos Geotextil.

Tipo	150	200	250	300	500
Espesor (mm)	1,7	2,1	2,4	2,6	4,3
Ancho (m)	2	2	2	2	2
Resistencia a la rotura (kg/cm)	30	35	40	45	80
Alargamiento a la rotura (% longitud)	15	18	20	23	26
Permeabilidad (l/m²·s)	80	80	75	75	56
Retención de fino (Micrones)	80	60	60	60	55

Fuente: Elaboración propia a partir de catálogo comercial.

3.2. Lámina de polietileno de alta densidad (PEAD)

Lámina impermeable constituida por un 97,5% de polímero de Polietileno y un 2,5% de negro carbón, con antioxidantes y estabilizantes, sin aditivos plastificantes. Se clasifica por el espesor de la lámina en milímetros, presentando los siguientes espesores: 1, 1,2, 1,5, 2, 2,5, 3 y 3,5. Debiendo cumplir la lámina, en todos los casos, con las siguientes características:

- Pilares y vigas metálicas de acero (S 275 JR). Control normal.
- Acero de armaduras B-400 S.
- Acero de placa y pernos S 275 JR- Liso.

Concretamente la lámina de PEAD de 1,5 mm. de espesor a utilizar en el presente Proyecto reunirá las siguientes características (Tabla 2):

Tabla 2. Valores mínimos Geotextil.

Propiedad	Unidad	Valor medio	Normativa internacional
Densidad	g/cm ³	0,94	ISO-R-1183
Índice de fusión	g/10 min	1,60	ISO-R-1133
Tensión de fluencia	N/mm ²	18,00	ISO-DIS-527 (Probeta A)
Alargamiento en límite de fluencia	%	13,00	ISO-DIS-527 (Probeta A)
Resistencia a la rotura	N/mm ²	24,00	ISO-DIS-527 (Probeta A)
Alargamiento a la rotura	%	800,00	ISO-DIS-527 (Probeta A)
Módulo de elasticidad	N/mm ²	700,00	ISO-DIS-527

Propiedad	Unidad	Valor medio	Normativa internacional
Dureza Brinell	N/mm ²	31,00	ISO-2039

Fuente: Elaboración propia a partir de catálogo comercial.

Entre láminas contiguas deberá existir un solape adecuado que garantice la estanqueidad del sistema (en ningún caso menor de 15 cm). Las uniones se realizarán exclusivamente por termofusión y presión. Además, serán dobles, esto es, dejan un canalillo interior de prueba a fin de que se verifique, mediante presión, la idoneidad o no de la soldadura. Será obligatorio y a costa del constructor realizar la prueba de estanqueidad de todas las juntas de la lámina instalada. En zonas donde no solapen 2 láminas se utiliza la extrusión con aporte de material idéntico al de las láminas.

3.2.1. Plan de control

Las cualidades exigibles a una lámina para su colocación en un recubrimiento deben estar en concordancia con las acciones a que ésta va a estar sometida. A las geomembranas con carácter general se les exigirá el cumplimiento de las especificaciones contenidas en las Normas:

- UNE 53.402 “Láminas de policloruro de vinilo plastificado con o sin armadura, no resistente al betún para la impermeabilización de balsas para agua”.
- UNE 104.300 “Láminas de polietileno de alta densidad (PEAD) para impermeabilización en obra civil, característicos y métodos de ensayo”.
- UNE 104.301 “Materiales sintéticos, láminas de polietileno de alta densidad (PEAD) construido con otros grados de polietileno, para la impermeabilización en obra civil, características y método de ensayo”.

4. CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA

4.1. Cimentación

4.1.1. Calidades

Se tomarán los siguientes materiales:

- Hormigón de limpieza: HM-20.
- Hormigón en zapatas y zunchos: HA-25/P/20/IIa.
- Acero: B-400 S. Control Normal.

4.1.2. Desarrollo

La cimentación se ejecutará con zapatas aisladas de hormigón armado HA-25 sobre pozos de hormigón en masa HM-20, enlazadas con vigas riostras.

Se prestará especial atención al replanteo, separación de armaduras, encofrados y todas las exigencias de la instrucción EHE-08.

4.2. Estructura

4.2.1. Calidades

- Pilares y vigas metálicas de acero (S 275 JR). Control normal.
- Acero de armaduras B-400 S.
- Acero de placa y pernos S 275 JR- Liso.

4.2.2. Desarrollo

Para la ejecución se atenderá a lo dispuesto en los planos y en los despieces señalados en el cálculo. Antes de hormigonar cualquier elemento se prestará especial atención a la correcta colocación de armaduras, escuadrías, solapes, atados, etc. Así como el encofrado y apuntalado correspondiente, colocándose los puntales sobre durmientes de madera.

En general, se prestará especial atención a las acciones gravitatorias señaladas en el documento básico Seguridad Estructural – Acciones en la Edificación (SE-AE), en especial las sobrecargas, deformaciones, flechas, juntas de dilatación, armaduras, solapes, encofrados, aplomes, dimensiones y todas las exigencias de la instrucción EHE-08.

4.2.3. Plan de control

Previo al inicio de la obra se realizará por parte de la Dirección Facultativa el plan de control de las mismas siguiendo las directrices marcadas en la Normativa de obligado cumplimiento y ejecutado por laboratorio homologado.

Contendrá como mínimo los siguientes ensayos:

❖ Nivel de control: Normal

1. Hormigón:

Se realizarán los ensayos prescritos por la EHE en su articulado (“Ensayos de control a nivel normal”)

2. Otros materiales:

Se pedirá a los proveedores la máxima información de los materiales que intervienen en el proceso de construcción y sobre todo los afectos a esta normativa:

5. CUBIERTAS

La cubierta para la nave será estará formada por chapa lacada grecada de acero perfilado en frío de 0,6 mm de espesor, lacado al exterior y galvanizado al interior. Panel anclado a la estructura metálica mediante ganchos o tornillos autorroscantes.

5.1. Calidades

- Acero laminado en frío de tipo efervescente según norma EN 10142.

- Recubrimiento por ambas caras de zinc, obtenido por inmersión en baño de metal fundido (Proceso SENDZIMIR).
- Aplanado bajo tensión para eliminación de estrellas de zinc.
- Imprimación por aplicación de wash primer de 7 a 10 micras de espesor nominal por ambas caras.
- Pintado de la cara exterior, por aplicación de pinturas tipo silicona-poliéster de 25 micras de espesor nominal.

5.2. Desarrollo

Sobre la estructura de cubierta secundaria formada por correas de acero conformado en frío S235JR se dispondrá la cubierta mediante tornillos autorroscantes.

6. CERRAMIENTOS

6.1. Calidades y desarrollo

6.1.1. Exteriores

El cerramiento de la nave será a base de fábrica de bloques de hormigón ligero de 20x20x30 de 20 cm de espesor, para visto, recibido con mortero 1:6, de 250 kg de cemento.

7. PAVIMENTACIÓN

7.1. Calidades

- Hormigón: HA-25/P/20/IIa.
- Tamaño máximo del árido = 20 mm.
- Lámina impermeabilizante: polietileno

7.2. Desarrollo

En el interior de la nueva nave se llevará a cabo el extendido de una capa de zahorra natural de 15 cm. de espesor, compactada y perfilada por medio de motoniveladora, sobre la que se colocará una lámina de polietileno impermeabilizante. Sobre esta subbase se llevará a cabo la construcción de la solera de 20 cm. de espesor, realizada con hormigón HA-25 N/mm² con tamaño máximo del árido 20 mm, armado con mallazo electrosoldado de 6 mm en cuadrículas de 15 cm según instrucción EHE-08.

8. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

8.1. Calidades y desarrollo

La instalación se realizará por personal técnico especializado que entregará al término de los trabajos el correspondiente certificado de instalación con anexo de información al usuario, ajustándose a las exigencias del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (RD 842/2002)

Del cuadro/s partirán circuitos interiores protegidos en el mismo con interruptor diferencial e interruptores magnetotérmicos.

Los puntos de utilización aparecerán indicados en los planos y, en cualquier caso, serán como mínimo los señalados en el REBT.

Todos los circuitos se protegerán contra sobreintensidades, tanto de origen térmico (sobrec consumo), como de origen magnético (cortocircuito), así como contra corrientes de defecto a tierra (corrientes diferenciales). Para ello se utilizan interruptores de tipo magnético, térmico y diferencial. Las distintas protecciones se instalarán aguas arriba de forma selectiva, atendiendo a una mayor sensibilidad cuanto más cerca de los receptores se encuentren.

Se prestará especial atención al cumplimiento de las exigencias del reglamento electrotécnico para baja tensión, situación de los interruptores fuera del aseo; amperaje de las tomas de corriente; simultaneidad de uso en cálculo. Trazado de la instalación y sección de los diferentes circuitos instalados.

9. CARPINTERÍA METÁLICA

9.1. Calidades y desarrollo

La puerta será abatible de dos hojas, a base de bastidor de tubo rectangular y chapa de acero tipo Pegaso, con cerco y perfil angular provisto de una garra por metro lineal y herrajes de colgar y de seguridad.

La ventana será a base de carpintería metálica de tubo de acero Perfrisa de 1,5 mm. de espesor, en puertas y ventanas, con carril para persiana de chapa galvanizada, i/herrajes de colgar y de seguridad.

En la ventana se colocará reja metálica realizada con tubo de acero de 30 x 15 mm en vertical y horizontal, separados 15 cm. con garras para recibir de 12 cm.

10. VIDRIOS

10.1. Calidades y desarrollo

Acristalamiento con vidrio float incoloro PLANILUX de 6 mm de espesor, fijado sobre carpintería con acuñado mediante calzos de apoyo perimetrales y laterales y sellado en frío con silicona incolora, incluso cortes de vidrio y colocación de junquillos, según NTE-FVP-8.

11. CONDUCCIONES

11.1. Generalidades a cumplir por todas las tuberías

Se deberán comprobar los certificados de calidad de la tubería y las referencias a las normas que rigen cada tipología.

Se asegurará la mínima estancia posible de las tuberías en acopio. Se debe comprobar que los acopios se realizan de acuerdo a la tipología del material, norma existente y a las instrucciones del fabricante comprobando que en ningún caso se hayan superado los tiempos de acopio.

El Jefe de Obra comprobará que la tubería tiene el marcado expresado en el Pliego de Prescripciones Técnicas y que las características del material se ajustan a lo prescrito en el PPT y en el Cuadro de Precios N°1, especialmente en todo lo concerniente a dimensiones, estado del material, presión nominal, etc.

Previo a la instalación de la tubería se comprobará que las condiciones particulares de instalación no se han superado. Se comprobará además que los tubos no han sufrido ningún daño.

Se instalará la tubería comprobando que todos los tubos apoyan en la generatriz inferior del tubo de forma completa y continua. El Jefe de obra será el responsable del correcto apoyo de los tubos. Para ello se deberán realizar los nichos necesarios. Se comprobará que los tubos se han insertado de forma correcta en la junta (ni más ni menos) y que tanto tubo como junta no tienen elementos extraños (fundamentalmente áridos). Será necesario comprobar la alineación de los tubos. A este respecto el equipo de topografía asegurará mediante las mediciones necesarias que en ningún caso se supera el ángulo de giro máximo permitido por el fabricante o por el PPT (el más restrictivo).

Se comprobará que al final de la jornada, o en el intermedio de la jornada o en cualquier otra interrupción, la boca de los tubos queda perfectamente tapada.

Se comprobará la ubicación, forma, estado del material, dimensiones y colocación de todas las piezas especiales. Se anclarán las piezas especiales según el proyecto constructivo verificando anclaje por anclaje que se cumplen las dimensiones.

Previo al tapado, se comprobará que los tubos no han sufrido ningún daño durante la instalación y que el arriñonado del tubo cumple las condiciones de instalación

marcadas por el fabricante y el PPT (el más restrictivo). En cualquier caso deberá cumplir obligatoriamente el cálculo mecánico para las condiciones de uso e instalación previstas.

Todas las tuberías una vez instaladas serán probadas de acuerdo a la norma UNE EN 805 o según el procedimiento que decida el Director de Obra.

11.2. Piezas de calderería metálicas

El fabricante poseerá Certificado de Calidad ISO 9001 en vigor emitido por Organismo Autorizado. Si el fabricante posee Certificado 3.1 conforme la norma UNE-EN 10204 de todos los elementos metálicos y Certificado de Calidad de Producto del resto de los materiales conforme la normativa especificada en el pliego de Prescripciones Técnicas particulares, no será necesario realizar el control de calidad de los materiales, será suficiente con aportar documentación que lo acredite, en caso contrario la empresa ejecutora seleccionará del primer envío 3 piezas especiales diferentes para realizar el control de los materiales. El revestido y las soldaduras cumplirán con las exigencias marcadas en el Pliego de Prescripciones Técnicas.

Se deberá asegurar que los soldadores son homologados mediante certificación expedida al respecto. Se deberá llevar a cabo un control del punto de instalación mediante la adecuada metodología por parte del Contratista.

Se deberá asegurar el control dimensional de las piezas de acuerdo a los planos y los restantes documentos del proyecto.

Será requisito imprescindible el control del espesor y adherencia del recubrimiento.

Se deberá llevar a cabo un correcto control de la instalación, ente los que se incluye la sobreexcavación previa necesaria, la protección de la pieza ante el hormigonado en su caso y el control dimensional, de materiales y ejecución de los macizos de anclaje.

11.3. Tuberías y accesorios de PE

Los tubos y accesorios realizados en PE cumplirán las prescripciones recogidas en la norma UNE-EN 12201, “Sistemas de canalización en materiales plásticos para conducción de agua. Polietileno (PE)”. Cuando el fabricante, posea Certificado de Calidad de Producto en vigor emitido por Organismo Autorizado o Administración Competente conforme con la Norma UNE-EN 12201 para los diámetros, rigideces y presiones objeto del presente proyecto, no será necesario realizar un control de calidad exhaustivo de la tubería. Cuando no se posea certificado de calidad, se seguirán las comprobaciones y ensayos recogidos en el Pliego de Prescripciones Técnicas del proyecto.

Las uniones permitidas entre dos tubos de PE serán la soldadura a tope y en su caso (definido en el PPT o por el DO) la soldadura por electrofusión. Se comprobará en las uniones la alineación previa de los tubos, la preparación de las superficies, la temperatura de fusión y los tiempos de fusión y enfriamiento. Se debe asegurar la trazabilidad de todas las soldaduras de la obra.

En caso de unión a piezas especiales en otros materiales la unión será mediante Valona y brida loca. Esta brida loca deberá ser maciza normalizada, lo cual será comprobado por el Jefe de Obra.

11.4. Tuberías de PE Corrugado

El fabricante posea Certificado de Calidad de Producto en vigor emitido por Organismo Autorizado o Administración Competente conforme con la norma UNE-UNE-EN 13476 para los diámetros y presiones del proyecto, no será necesario realizar un control de calidad de la tubería, aportará la documentación que lo acredite. En caso contrario el fabricante poseerá Certificado de Calidad ISO 9001 en vigor, emitido por Organismo Autorizado, realizará los controles expuestos en el pliego de Prescripciones Técnicas.

11.5. Tubería de Acero Helicosoldada

Las especificaciones técnicas de los sistemas de canalizaciones en acero helicoidal se adecuarán a lo recogido en las Normas, UNE/EN-10224. En el caso de que el fabricante posea Certificado 3.1 según norma UNE-EN 10204 de la tubería, garantizando el material conforme con la legislación vigente y lo especificado en el Pliego de Prescripciones Técnicas, no será necesario realizar el control de calidad de los materiales metálicos.

El revestido de epoxi, cumplirá con la norma UNE-EN 10289, o en su defecto tanto el revestido, como las soldaduras, deberá cumplir con lo especificado en el pliego dentro del punto de piezas especiales metálicas.

Se seguirá todo lo especificado en el pliego de condiciones. Se debe tener en cuenta que todas las uniones soldadas deben ser inspeccionadas y superar radiografías.

Se analizarán los certificados de calidad, comprobando además la homologación de los soldadores. Se realizará control dimensional y de alineación. Se comprobarán los apoyos y anclajes y se realizará control de recubrimientos.

12. VALVULERÍA

12.1. Válvulas de compuerta

Si el fabricante posee Certificado de Calidad emitido por Organismo Autorizado o Administración Competente conforme con la Norma UNE-EN 1074 y el Certificado 3.1b conforme la norma UNE-EN 10204 de todos los elementos metálicos, no será necesario realizar un control de calidad de las válvulas, será suficiente con aportar la documentación que lo acredite. En caso contrario el fabricante poseerá Certificado de Calidad ISO 9001 en vigor emitido por Organismo Autorizado, realizará los ensayos, conforme la norma UNE-EN 1074, cumplirá con las especificaciones recogidos en el pliego de Prescripciones Técnicas.

Se comprobará el cumplimiento de todo lo expresado en el PPT. Se comprobará la alineación previa de las tuberías de forma que la instalación de la válvula no quede forzada.

Se realizará control visual de características e inspección visual ante posibles daños o defectos. Se realizará control de los certificados de calidad.

12.2. Válvulas de retención

Si el fabricante posee Certificado de Calidad emitido por Organismo Autorizado o Administración Competente conforme con la Norma UNE-EN 1074 y el Certificado 3.1b conforme la norma UNE-EN 10204 de todos los elementos metálicos, no será necesario realizar un control de calidad de las válvulas, será suficiente con aportar la documentación que lo acredite. En caso contrario el fabricante poseerá Certificado de Calidad ISO 9001 en vigor emitido por Organismo Autorizado, realizará los ensayos, conforme la norma UNE-EN 1074, cumplirá con las especificaciones recogidos en el pliego de Prescripciones Técnicas.

Se comprobará el cumplimiento de todo lo expresado en el PPT en cuanto a las especificaciones dimensionales, transporte y manipulación. Se comprobará la alineación previa de las tuberías de forma que la instalación de la válvula no quede forzada.

Se realizará control visual de características e inspección visual ante posibles daños o defectos.

12.3. Válvulas de mariposa

Al igual que en el caso de las válvulas de compuerta, si el fabricante posee Certificado de Calidad emitido por Organismo Autorizado o Administración Competente conforme con la Norma UNE-EN 1074 y el Certificado 3.1b conforme la norma UNE-EN 10204 de todos los elementos metálicos, no será necesario realizar un control de calidad de las válvulas, será suficiente con aportar la documentación que lo acredite. En caso contrario el fabricante poseerá Certificado de Calidad ISO 9001 en vigor emitido por Organismo Autorizado, realizará los ensayos, conforme la norma

UNE-EN 1074, cumplirá con las especificaciones recogidos en el pliego de Prescripciones Técnicas.

Se comprobará el cumplimiento de todo lo expresado en el PPT. Se comprobará la alineación previa de las tuberías de forma que la instalación de la válvula no quede forzada.

Se realizará control visual de características e inspección visual ante posibles daños o defectos. Se realizará control de los certificados de calidad.

12.4. Ventosa Trifuncionales

En el caso de que el fabricante posea Certificado de Calidad emitido por Organismo Autorizado o Administración Competente conforme con la Norma UNE-EN 1074, no será necesario realizar un control de calidad de las ventosas. En caso contrario el fabricante poseerá Certificado de Calidad ISO 9001, realizará los ensayos recogidos en el pliego de Prescripciones Técnicas.

Se comprobará el cumplimiento de todo lo expresado en el PPT. Se comprobarán las dimensiones de las ventosas.

Se realizará control visual de características e inspección visual ante posibles daños o defectos. Se realizará control de los certificados de calidad.

12.5. Válvulas de esfera

En el caso de que el fabricante posea Certificado de Calidad de Producto, en vigor, emitido por Organismo Autorizado o Administración Competente conforme con la Norma UNE-EN 1074 y realice ensayos del revestido expuestos en el pliego de Prescripciones Técnicas, no será necesario realizar un control de calidad de las válvulas de esfera. En caso contrario el fabricante poseerá Certificado de Calidad ISO 9001, en vigor, emitido por Organismo Autorizado o Autoridad competente y realizará los controles y ensayos recogidos en el pliego.

Se comprobará el cumplimiento de todo lo expresado en el PPT. Se realizará control visual de características e inspección visual ante posibles daños o defectos. Se realizará control de los certificados de calidad.

12.6. Tornillería

En el caso de que el fabricante posea Certificado 3.1 según la norma UNE-EN 10204, de todos los tipos de tornillos, tuercas, arandelas y varillas roscadas conforme la normativa especificada en el pliego de Prescripciones Técnicas, no será necesario realizar un control de calidad de los materiales, será suficiente con aportar documentación que lo acredite. En caso contrario se realizarán los ensayos especificados en el pliego del presente proyecto.

Se comprobará el cumplimiento de todo lo expresado en el PPT. Se realizará control visual de características e inspección visual ante posibles daños o defectos. Se realizará control de los certificados de calidad.

13. BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES CONSULTADAS

- “Materiales de referencia”. Asociación Española para el Control de la Calidad.
- “Calidad y Seguridad de Materiales de Construcción”. Luis Rodolfo Zabala.

ANEJO XIV

ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	4
2. CARACTERÍSTICAS DE LAS OBRAS	5
2.1. Proyecto al que se refiere	5
2.2. Descripción de la obra y situación	5
2.3. Presupuesto. Plazo de ejecución. Mano de obra	6
2.4. Instalaciones provisionales y asistencia sanitaria	6
3. UNIDADES CONSTRUCTIVAS QUE COMPONEN EL PROYECTO.....	7
4. RIESGOS	8
4.1. Riesgos laborales evitables	8
4.2. Riesgos laborales no evitables	8
4.2.1. Generales	8
4.2.2. Movimiento de tierras (excavaciones).....	9
4.2.3. En desescombro y transporte a vertedero	9
4.2.4. Impermeabilización de embalses de materiales sueltos	10
4.2.5. Montaje e instalación de tuberías	10
4.2.6. Vertido de hormigones	10
4.2.7. Rellenos y compactación	11
4.2.8. Otros tipos	11
5. PREVENCIÓN DE RIESGOS PROFESIONALES.....	12
5.1. Medidas preventivas	12
5.1.1. Generales	12
5.1.2. Movimiento de tierras.....	15
5.2. Fase de instalación de tuberías y acabados	19
5.3. Protecciones individuales	22
5.4. Protecciones colectivas	23

5.5.	Formación	24
5.6.	Prevención de riada.....	24
5.7.	Medicina preventiva y primeros auxilios.....	25
5.8.	Prevención de daños a terceros	25
6.	OBLIGACIONES DEL PROMOTOR	26
7.	COORDINADORES EN MATERIA DE SEGURIDAD Y SALUD	26
8.	PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.....	27
9.	OBLIGACIONES DE CONTRATISTAS Y SUBCONTRATISTAS	28
10.	OBLIGACIONES DE LOS TRABAJADORES.....	29
11.	LIBRO DE INCIDENCIAS	30
12.	PARALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS	31
13.	DERECHOS DE LOS TRABAJADORES	31
14.	PLIEGO DE CONDICIONES	32

1. INTRODUCCIÓN

Este Estudio Básico de Seguridad y Salud establece, durante la construcción de esta obra, las previsiones respecto a prevención de riesgos de accidentes y enfermedades profesionales, así como los derivados de los trabajos de reparación, conservación, entretenimiento y mantenimiento, y las instalaciones preceptivas de higiene y bienestar de los trabajadores.

Servirá para dar unas directrices básicas a la empresa constructora para llevar a cabo sus obligaciones en el campo de la prevención de riesgos profesionales, facilitando su desarrollo, bajo el control de la Dirección Facultativa, de acuerdo con:

- Directiva 92/57/CEE del 24 de junio, donde se especifican las disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en Obras de Construcción, Temporales y Móviles.
- Real Decreto 1627/97, del 24 de octubre sobre Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción.

Se realiza un Estudio Básico de Seguridad y Salud en base a que no se cumplen las siguientes premisas establecidas en el anterior decreto:

Tabla 1. Premisas establecidas en R.D. 1627/97.

CONCEPTO	CONDICIÓN
Presupuesto de Ejecución por Contrata	> 450.759,08
Nº total de jornadas de trabajo empleadas	500 días LABORABLES
Obras con túneles, galerías, conducciones subterráneas y presas	SIEMPRE
Duración de la obra	>30 días laborales y en el que al menos 1 día coincidan 20 ó más trabajadores

Fuente: Real Decreto 1627/97.

2. CARACTERÍSTICAS DE LAS OBRAS

2.1. Proyecto al que se refiere

El presente Estudio Básico de Seguridad y Salud se refiere al proyecto cuyos datos generales son:

- **Proyecto de Modernización Agrícola de la finca “Las Mercedes”, en el Término Municipal de Palma del Río, provincia de Córdoba.**
 - Autor del proyecto: Victoria Ruiz Bujalance.
 - Emplazamiento: Finca "Las Mercedes", en el término municipal de Palma del Río (Córdoba).
 - Presupuesto de ejecución material de la obra civil: 373.233,09 €
 - Número máximo estimado de operarios: 8 máximos
 - Total aproximado de jornadas:
 - Construcción de la balsa: 230 jornadas de trabajo.
 - Instalaciones de riego: 217 jornadas de trabajo.
 - Construcción nave de bombeo y filtrado: 60 jornadas de trabajo.

2.2. Descripción de la obra y situación

La obra proyectada pretende la instalación de un sistema de riego por goteo para el riego de un olivar superintensivo, así como la construcción de una nave de bombeo y filtrado y una balsa de almacenamiento de agua para regar una plantación superintensiva de olivar en la finca “Las Mercedes”, ubicada en el término municipal de Palma del Río, provincia de Córdoba.

En la tabla siguiente (Tabla 2) se indican las principales características y condicionantes del emplazamiento donde se realizará la obra:

Tabla 2. Descripción del emplazamiento.

Accesos a la obra	Un acceso.
Topografía del terreno	Suave.
Edificaciones colindantes	No existen.
Suministro de energía eléctrica	Propia de la finca.
Servidumbres y condicionantes	Zona de servidumbre y zona de policía en Arroyo “Madre de Fuentes”.

Fuente: Elaboración propia.

Para obtener más información acerca de las obras proyectadas pueden consultarse la memoria, anejos a la misma y planos del proyecto.

2.3. Presupuesto. Plazo de ejecución. Mano de obra

❖ Presupuesto:

Asciende el Presupuesto de Ejecución por Contrata del Proyecto a la cantidad de CUATROCIENTOS CUARENTA Y CUATRO MIL CIENTO CUARENTA Y SIETE EUROS CON TREINTA Y OCHO CÉNTIMOS (444.147,38 €).

❖ Plazo de ejecución:

El plazo de ejecución considerado como necesario y suficiente para la terminación de las obras, es de tres meses a partir del acta de comprobación del replanteo y autorización del comienzo.

❖ Personal previsto:

Variable, con aproximadamente 8 trabajadores en el período punta.

2.4. Instalaciones provisionales y asistencia sanitaria

De acuerdo con el apartado 15 del Anexo IV del R.D. 1627/1997, la obra dispondrá de los servicios higiénicos que se indican:

- Taquillas individuales, provistas de llave.
- Lavabos con agua fría y caliente si fuera necesario.
- Retretes (*)

(*) *Observaciones: la utilización de servicios higiénicos será no simultánea en el caso de haber operarios de distintos sexos.*

- Asistencia sanitaria. De acuerdo con el apartado A3 del Anexo VI del R.D. 1627/1997, la obra dispondrá del material de primeros auxilios que se indica en la tabla siguiente (Tabla 3), en la que se incluye además la identificación y las distancias a los centros de asistencia sanitaria más cercanos:

Tabla 3. Asistencia sanitaria.

Nivel de asistencia	Nombre y ubicación	Distancia
Primeros auxilios	Botiquín portátil	En la obra
Asistencia primaria (urgencias)	Centro de salud “Dr. Trujillo del Río”	8,2 km
Asistencia especializada (hospital)	Hospital provincial	56 km

Fuente: Elaboración propia.

3. UNIDADES CONSTRUCTIVAS QUE COMPONEN EL PROYECTO

- Limpieza y desbroce.
- Excavación con pala o retroexcavadora.
- Desescombro y transporte a vertedero de productos sobrantes.
- Hormigonado.
- Montaje de tuberías en zanja.
- Rellenos y compactación.
- Construcción de arquetas.
- Señalización y control.
- Remates.

4. RIESGOS

4.1. Riesgos laborales evitables

La tabla que se desarrolla a continuación (Tabla 4) contiene una relación de los riesgos laborales que pudiendo presentarse en la obra, van a ser evitados mediante la adopción de las medidas técnicas que también se incluyen:

Tabla 4. Riesgos evitables.

Riesgos evitables	Medidas técnicas adoptadas
Derivados de la rotura de instalaciones existentes	Neutralización de las instalaciones existentes
Derivados de la escasa visión de los operarios	Utilización de las horas de luz solar como horas de trabajo

Fuente: Elaboración propia.

4.2. Riesgos laborales no evitables

Este apartado contiene la identificación de los riesgos laborales que no pueden ser completamente eliminados, así como las medidas preventivas y proteccionestécnicas que deberán adoptarse para el control y la reducción de este tipo de riesgos. La primera tabla se refiere a aspectos generales que afectan a la totalidad de la obra y las restantes a los aspectos específicos de cada una de las fases en las que esta puede dividirse.

4.2.1. Generales

- Caídas de operarios al mismo nivel.
- Caídas de operarios a distinto nivel.
- Caídas de objetos sobre operarios.
- Caídas de objetos sobre terceros.
- Choques o golpes contra objetos.
- Fuertes vientos.
- Trabajos en condiciones de humedad.
- Contactos eléctricos directos e indirectos.

- Cuerpos extraños en los ojos.
- Quemaduras o explosiones de equipos de motor.

4.2.2. *Movimiento de tierras (excavaciones)*

- Desplomes, hundimientos y desprendimiento del terreno.
- Desplomes en edificios colindantes.
- Caídas de personas al mismo y a distinto nivel.
- Caídas de materiales transportados.
- Golpes de/o contra objetos.
- Vuelcos de vehículos y máquinas.
- Atropellos, colisiones, vuelcos y maniobras de máquinas.
- Atrapamientos y aplastamientos.
- Explosiones e incendios.
- Electrocuciiones.
- Atrapamientos.
- Ruido.
- Vibraciones.
- Ambiente pulvígeno.
- Emanaciones.
- Interferencias con conducciones enterradas de energía, agua, teléfonos, etc.
- Contagios por lugares insalubres.
- Condiciones meteorológicas adversas.

4.2.3. *En desescombros y transporte a vertedero*

- Caídas de personas al mismo y a distinto nivel.
- Atrapamientos.
- Golpes de/o contra objetos.
- Atropellos y colisiones.
- Caídas de material.
- Ambiente pulvígeno.
- Condiciones meteorológicas adversas.

4.2.4. Impermeabilización de embalses de materiales sueltos

- Caídas de personal.
- Caídas de material.
- Golpes de/o contra objetos.
- Quemaduras.
- Cortes.

4.2.5. Montaje e instalación de tuberías

- Caídas de personas al mismo y a distinto nivel.
- Atrapamientos con o entre objetos o herramientas.
- Lesiones y cortes en manos y brazos.
- Lesiones, cortes y pinchazos en pies.
- Dermatitis por contacto de materiales.
- Golpes de/o contra objetos.
- Caídas de material o herramientas; cortes.
- Ambiente pulvígeno.
- Proyección de partículas a los ojos.
- Inhalación de sustancias tóxicas.
- Electrocución.
- Deflagraciones explosiones e incendios.

4.2.6. Vertido de hormigones

- Caídas de personas al mismo y a distinto nivel.
- Vuelco por accidente de vehículos y maquinas.
- Atropellos por máquinas y vehículos.
- Cortes y golpes.
- Caídas de materiales.
- Dermatitis por cemento.
- Salpicaduras.
- Proyección de partículas a los ojos.
- Heridas producidas por objetos punzantes y cortantes.
- Explosiones.

- Humos metálicos.
- Radiaciones.

4.2.7. Rellenos y compactación

Se retienen las anteriores con mayor o menor exposición, según las características de la obra.

4.2.8. Otros tipos

❖ Eléctricos:

- Interferencias con líneas de alta tensión.
- Influencias de cargas electromagnéticas debidas a emisoras o líneas de alta tensión.
- Tormentas.
- Corrientes erráticas.
- Electricidad estática.
- Derivados de deficiencias en máquinas o instalaciones.

❖ De incendios:

- En almacenes, vehículos, maquinas, encofrados, etc.

❖ Riesgos de daños a terceros.

- Derivados de los transportes.
- Derivados de robos.

5. PREVENCIÓN DE RIESGOS PROFESIONALES

5.1. Medidas preventivas

5.1.1. Generales

A continuación, en la Tabla 5, se muestran las medidas preventivas a aplicar durante el transcurso de la obra.

Tabla 5. Medidas preventivas y protecciones colectivas generales.

Medidas Preventivas y protecciones colectivas	Grado de adopción
Orden y limpieza de las vías de circulación de la obra	Frecuente
Orden y limpieza de los lugares de trabajo	Frecuente
Recubrimiento, o distancia de seguridad (1m), a líneas eléctricas de B.T	Permanente
Iluminación adecuada y suficiente (alumbrado de obra)	Permanente
No permanecer en el radio de acción de las máquinas	Permanente
Puesta a tierra en cuadros, masa y máquinas sin doble aislamiento	Frecuente
Señalización de la obra (señales y carteles)	Permanente
Cintas de señalización y balizamiento a 10 m de distancia	Permanente
Vallado del perímetro completo de la obra, resistente y de altura mayor o igual a 2 m	Permanente
Marquesinas rígidas sobre accesos a la obra	Permanente
Pantalla inclinada sobre aceras, vías de circulación o edificaciones colindantes	Permanente
Extintor de polvo seco, de eficacia 21 A-113B	Permanente
Evacuación de escombros	Frecuente
Escaleras auxiliares	Frecuente
Información específica	Frecuente
Cursos y charlas de formación	Frecuente
Grúa parada y en posición veleta	Frecuente

Fuente: Elaboración propia.

Se establecerán a lo largo de la obra letreros divulgativos y de señalización de los riesgos (vuelo, atropello, colisión, caída en altura, corriente eléctrica, peligro de incendio,

materiales inflamables, prohibido fumar, etc), así como las medidas de preventivas previstas (uso obligatorio del casco, uso obligatorio de botas de seguridad, uso obligatorio de guantes, uso obligatorio de cinturón de seguridad, etc.).

Se habilitarán zonas o estancias para el acopio de material y útiles (ferralla, perfilaría metálica, piezas prefabricadas, carpintería metálica, vidrio, pinturas, material eléctrico, etc.).

Se procurará que los trabajos se realicen en superficies secas y limpias, utilizando elementos de protección personal, fundamentalmente calzado antideslizante reforzado para protección de golpes en los pies, casco de protección para la cabeza y cinturón de seguridad.

El transporte aéreo de materiales y útiles se hará suspendiéndolos desde dos puntos mediante eslingas y se guiarán por tres operarios, dos de ellos guiarán la carga y el tercero ordenará las maniobras.

Los andamios sobre borriquetas, para trabajos en altura, tendrán siempre plataformas de trabajo de anchura no inferior a 60 cm (tres tablones unidos entre sí), prohibiéndose la formación de andamios mediante bidones, cajas de materiales, etc.

Se tenderán cables de seguridad amarrados a los elementos estructurales sólidos en los que enganchar el mosquetón del cinturón de seguridad de los operarios encargados de realizar los trabajos en altura.

La distribución de máquinas, equipos y materiales en los locales de trabajo será la adecuada, delimitando las zonas de operación y paso, los espacios destinados a puestos de trabajo, las separaciones entre máquinas y equipos, etc.

El área de trabajo estará al alcance normal de la mano, sin necesidad de ejecutar movimientos forzados.

Se vigilarán los esfuerzos de torsión o flexión del tronco, sobre todo si el cuerpo está en posición inestable.

Se evitarán las distancias demasiado grandes de elevación, descenso o transporte, así como un ritmo demasiado alto de trabajo.

Se tratará que la carga y su volumen permitan asirla con facilidad. Se recomienda evitar los barrizales, en prevención de accidentes.

Se debe seleccionar la herramienta correcta para el trabajo a realizar, manteniéndola en buen estado y uso correcto de esta. Después de realizar las tareas, se guardarán en un lugar seguro.

La iluminación para desarrollar los oficios convenientemente oscilará en torno a los 100 lux.

Es conveniente que el vestuario esté configurado en varias capas al comprender que mejoran el aislamiento al frío. Empleo de guantes, botas y orejeras. Se resguardará al trabajador de vientos mediante apantallamientos y se evitará que la ropa de trabajo se empape de líquidos evaporables.

Si el trabajador sufriese estrés térmico se deben modificar las condiciones de trabajo, con el fin de disminuir el esfuerzo físico, mejorar la circulación del aire, apantallar el calor por radiación, dotar al trabajador de la vestimenta adecuada (sombrero, gafas de sol, cremas y lociones solares), vigilar que la ingesta de agua tenga cantidades moderadas de sal y establecer descansos de recuperación si las soluciones anteriores no son suficientes.

El aporte alimentario calórico debe ser suficiente para compensar el gasto derivado de la actividad y de las contracciones musculares.

Para evitar el contacto eléctrico directo se utilizará el sistema de separación por distancia o alejamiento de las partes activas hasta una zona no accesible por el trabajador,

interposición de obstáculos y/o barreras (armarios para cuadros eléctricos, tapas para interruptores, etc.) y recubrimiento o aislamiento de las partes activas.

Para evitar el contacto eléctrico indirecto se utilizará el sistema de puesta a tierra de las masas (conductores de protección, líneas de enlace con tierra y electrodos artificiales) y dispositivos de corte por intensidad de defecto (interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada a las condiciones de humedad y resistencia de tierra de la instalación provisional).

Las vías y salidas de emergencia deberán permanecer expeditas y desembocar lo más directamente posible en una zona de seguridad.

El número, la distribución y las dimensiones de las vías y salidas de emergencia dependerán del uso, de los equipos y de las dimensiones de la obra y los locales, así como del número máximo de personas que puedan estar presentes en ellos.

En caso de avería del sistema de alumbrado, las vías y salidas de emergencia que requieran iluminación deberán estar equipadas con iluminación de seguridad de suficiente intensidad.

Será responsabilidad del empresario garantizar que los primeros auxilios puedan prestarse en todo momento por personal con suficiente formación para ello.

5.1.2. Movimiento de tierras

A continuación, en las Tabla 6, se muestran las medidas preventivas de aplicación durante la fase de movimiento de tierras.

Tabla 6. Medidas preventivas y protecciones colectivas en la fase de movimiento de tierras.

Medidas Preventivas y protecciones colectivas	Grado de adopción
Observación y vigilancia del terreno	Diaria
Talud natural del terreno	Permanente

Medidas Preventivas y protecciones colectivas	Grado de adopción
Entibaciones	Frecuente
Limpieza de bolos y viseras	Frecuente
Observación y vigilancia de los edificios colindantes	Diaria
Apuntalamiento y apeos	Ocasional
Achique de aguas	Frecuente
Pasos o pasarelas	Permanente
Separación de tránsito de vehículos y operarios	Permanente
Cabinas o pórticos de seguridad en máquinas	Permanente
No acopiar junto al borde de la excavación	Permanente
Plataformas para el paso de personas en bordes de excavación	Ocasional
No permanecer bajo el frente de excavación	Permanente
Barandillas en bordes de excavación	Permanente
Rampas con pendientes y anchuras adecuadas	Permanente
Acotar las zonas de acción de las máquinas	Permanente
Topes de retroceso para vertidos	Permanente

Fuente: Elaboración propia.

❖ **Excavación de pozos y zanjas**

Antes de comenzar los trabajos de movimientos de tierras, deberán tomarse medidas para localizar y reducir al mínimo los peligros debidos a posibles grietas o movimientos del terreno.

Se prohibirá el acopio de tierras o de materiales a menos de dos metros del borde de la excavación, para evitar sobrecargas y posibles vuelcos del terreno, señalizándose además mediante una línea de distancia de seguridad.

Se eliminarán todos los bolos o viseras de los frentes de excavación que por su situación ofrezcan riesgo de desprendimiento.

La maquinaria estará dotada de peldaños y asideros para subir o bajar de la cabina de control. No se utilizarán como apoyo para subir a la cabina las llantas, cubiertas, cadenas y guardabarros.

Los desplazamientos por el interior de la obra se realizarán por caminos señalizados. Se conservarán los caminos de circulación interna cubriendo baches, eliminando blandones y compactando mediante zahorra.

Se utilizarán redes tensas o mallazo electrosoldado situados sobre los taludes, con un solape mínimo de 2 metros.

La circulación de los vehículos se realizará a un máximo de aproximación al borde de la excavación no superior a 3 metros para vehículos ligeros y de 4 metros para vehículos pesados.

El acceso y salida de los pozos y zanjas se efectuará mediante una escalera sólida, anclada en la parte superior del pozo, que estará provista de zapatas antideslizantes. Cuando la profundidad del pozo sea igual o superior a 1,5 m, se entibará (o encamisará) el perímetro en prevención de derrumbamientos.

Se efectuará el achique inmediato de las aguas que afloren o caigan al interior de las zanjas, para evitar que se altere la estabilidad de los taludes.

En presencia de líneas eléctricas en servicio se tendrán en cuenta las siguientes condiciones:

- Se procederá a solicitar a la compañía propietaria de la línea eléctrica el corte de fluido y puesta a tierra de los cables, antes de realizar los trabajos.
- La línea eléctrica que afecta a la obra será desviada de su actual trazado al límite que se marque en los planos.

- La distancia de seguridad con respecto a las líneas eléctricas que cruzan la obra queda fijada en 5m en zonas accesibles durante la construcción.
- Se prohíbe la utilización de cualquier calzado que no sea aislante de la electricidad en proximidad con la línea eléctrica.

❖ **Relleno de tierras**

Se prohíbe el transporte de personal fuera de la cabina de conducción y/o en número superior a los asientos existentes en su interior.

Se regarán periódicamente los tajos, las cargas y cajas de camión, para evitar las polvaredas. Especialmente si se debe conducir por vías públicas, calles o carreteras.

Se instalará, en el borde de los terraplenes de vertido, sólidos topes de limitación de recorrido para el vertido en retroceso. Se prohíbe la permanencia de personas en un radio no inferior a los 5 m en torno a las compactadoras y apisonadoras en funcionamiento. Los vehículos de compactación y apisonado irán provistos de cabina de seguridad de protección en caso de vuelco.

❖ **Montaje de prefabricados**

El riesgo de caída desde altura se evitará, realizando los trabajos de recepción e instalación del prefabricado desde el interior de una plataforma de trabajo rodeada de barandillas de 90 cm de altura, formadas por pasamanos, listón intermedio y rodapié de 15 cm, sobre andamios (metálicos, tubulares de borriquetas).

Se prohíbe trabajar o permanecer en lugares de tránsito de piezas suspendidas en prevención del riesgo de desplome.

Los prefabricados se acopiarán en posición horizontal sobre durmientes, dispuestos por capas de tal forma que no dañen los elementos de enganche para su izado.

Se paralizará la labor de instalación de los prefabricados bajo régimen de vientos superiores a 60 km/h.

5.2. Fase de instalación de tuberías y acabados

A continuación, en la Tabla 7, se muestran las medidas preventivas a implantar en la fase de instalación de tuberías.

Tabla 7. Medidas preventivas y protecciones colectivas en la fase de colocación de instalaciones.

Medidas Preventivas y protecciones colectivas	Grado de adopción
Ventilación adecuada y suficiente (natural o forzada)	Permanente
Andamios	Permanente
Barandillas	Permanente
Escalera portátil de tijera con calzos de goma y tirantes	Permanente
Realizar las conexiones eléctricas sin tensión	Permanente

Fuente: Elaboración propia.

Instalación eléctrica

El montaje de aparatos eléctricos será montado por personal especialista, en prevención de los riesgos por montajes incorrectos.

El calibre o sección del cableado será siempre el adecuado para la carga eléctrica que ha de soportar.

Los hilos tendrán la funda protectora aislante sin defectos apreciables (rasgones, repelones y asimilables). No se admitirán tramos defectuosos.

Los conductores activos tendrán una señalización homologada: fases (activos) de colores negro, marrón o gris; neutro de color azul y protección (tierra) de color amarillo-verde.

El tendido de los cables y mangueras, se efectuará a una altura mínima de 2 m en los lugares peatonales y de 5 m en los de vehículos, medidos sobre el nivel del pavimento.

Los empalmes provisionales entre mangueras, se ejecutarán mediante conexiones estancas normalizadas antihumedad.

Las mangueras de “alargadera” por ser provisionales y de corta estancia pueden llevarse tendidas por el suelo, pero cerca de los paramentos verticales.

Los interruptores se instalarán en el interior de cajas normalizadas, provistas de puerta de entrada con cerradura de seguridad.

Los cuadros eléctricos metálicos tendrán la carcasa conectada a tierra y protección diferencial que proteja contra contactos directos e indirectos. Igualmente tendrán protecciones magnetotérmicas de acuerdo con la capacidad de los conductores a proteger.

Los cuadros eléctricos se colgarán pendientes de tableros de madera recibidos a los paramentos verticales o bien a “pies derechos” firmes.

Las maniobras a ejecutar en el cuadro eléctrico general se efectuarán con el operario subido a una banqueta de maniobra o sobre una alfombrilla aislante.

Los cuadros eléctricos poseerán tomas de corriente para conexiones normalizadas blindadas para intemperie. La tensión siempre estará en la clavija “hembra”, nunca en la “macho”, para evitar los contactos directos.

Los interruptores diferenciales se instalarán de acuerdo con las siguientes sensibilidades:

- 300 mA: alimentación a la maquinaria.
- 30 mA: alimentación a la maquinaria como mejora del nivel de seguridad.
- 30 mA: para las instalaciones eléctricas de alumbrado.

Las partes metálicas de todo equipo eléctrico dispondrán de toma a tierra.

El neutro de la instalación estará puesto a tierra.

La toma de tierra se efectuará a través de la pica o placa de cada cuadro general.

El hilo de toma a tierra, siempre estará protegido con macarrón en colores amarillo y verde. Se prohíbe expresamente utilizarlo para otros usos.

La iluminación mediante portátiles cumplirá la siguiente normativa:

- Portalámparas estanco de seguridad con mango aislante, rejilla protectora de la bombilla dotada de gancho de cuelgue a la pared, manguera antihumedad, clavija de conexión normalizada estanca de seguridad, alimentada a 24 V.
- La iluminación de los tajos se situará en torno a los 2 m, medidos desde la superficie de apoyo de los operarios en el puesto de trabajo.
- La iluminación de los tajos, siempre que sea posible, se efectuará cruzada para evitar sombras.
- Las zonas de paso de la obra, estarán permanentemente iluminadas evitando rincones oscuros.
- No se permitirán conexiones a tierra a través de conducciones de agua.

No se permitirá el tránsito de carretillas y personas sobre líneas eléctricas, pueden pelarse y producir accidentes.

No se permitirá el tránsito bajo líneas eléctricas de las compañías con elementos longitudinales transportados a hombro (pértigas, reglas, escaleras de mano y asimilables). La inclinación de la pieza puede llegar a producir el contacto eléctrico.

En caso de accidente, después de llamar al médico, inmediatamente se seguirán las instrucciones siguientes, aun cuando el accidentado parezca muerto:

- Desconectar el circuito inmediatamente. Hay que realizar la separación inmediata y cuidadosa de la víctima del conector del circuito, empleándose para ello algún material aislante como periódicos, madera, cuerda seca, etc. para protegerse uno del mismo.

- Examinar al accidentado, si no respira inmediatamente hay que poner en práctica la respiración artificial.
- Seguidamente, aflojar las ropas del accidentado. En estas operaciones, cada instante de demora puede ser fatal para la víctima, hay que extraer cualquier cuerpo extraño que tenga en la boca, como tabaco, dientes postizos, etc. Si tiene la boca fuertemente apretada no hay que preocuparse de ello hasta después.
- La respiración artificial debe practicarse sin interrupción, manteniéndose el ritmo y contando lentamente (uno, dos, tres, cuatro, cinco) durante el movimiento hasta que se restablezca la respiración normal. Si es necesario deberá continuarse hasta cuatro horas o más, hasta que el médico declare fallecida a la víctima.
- Después de que se haya comenzado a practicar la respiración artificial y sin interrumpirla, el ayudante debe aflojar cualquier prenda de vestir que apriete el cuello, el pecho o cintura del paciente. También debe examinar la boca si no lo ha hecho antes.
- Hay que mantener bien abrigada a la víctima.
- Hay que restaurar la respiración artificial nuevamente, si cesa la natural después de haberla restaurado.
- Cuando la víctima recobre el sentido, mantenerla acostada para evitar la tensión del corazón, no debe permitírsele que se ponga de pie o sentado.
- El paciente puede estar extremadamente inquieto durante algunos minutos. Puede utilizarse la fuerza o la ayuda de otras personas para mantener quieta a la víctima.
- Al recobrar el conocimiento, puede dársele de beber algún estimulante como café o té.
- Mientras se practica la respiración artificial al paciente, puede ser reemplazado el practicante por cansancio de este y efectuar el cambio sin que se pierda el ritmo de la respiración.

5.3. Protecciones individuales

- ❖ **Cascos:** para todas las personas que participan en la obra, incluidos visitantes.
- ❖ **Guantes:**
 - De uso general.

- De goma.
- De soldar.
- Aislantes de electricidad o dieléctricos.
- De cuero para ferrallistas y encofradores.

❖ **Botas:**

- De agua.
- De seguridad de lona.
- De seguridad de cuero.
- Dieléctricas o aislantes.

❖ **Gafas:**

- Contra impacto y antipolvo.
- Pantalla de soldador, según tipo soldadura.

❖ **Mascarillas antipolvo.**

❖ **Muñequeras.**

❖ **Polainas de soldador.**

❖ **Mandiles de cuero.**

❖ **Protectores auditivos.**

❖ **Prendas reflectantes.**

❖ **Trajes de agua.**

❖ **Cinturones de seguridad.**

5.4. Protecciones colectivas

Además de las preceptivas pólizas de seguros propios y a terceros, se dispondrán las siguientes protecciones:

- Vallas de limitación y protección.
- Cintas de balizamiento.
- Señales de circulación y seguridad.

- Barandillas
- Topes de desplazamiento de vehículos sobre taludes.
- Pasillos de seguridad.
- Delimitación y señalización adecuada de zonas de maniobras.
- Cables de sujeción de cinturón de seguridad.
- Tubos de sujeción cinturón de seguridad
- Balizamiento luminoso.
- Extintores.
- Interrupciones diferenciales.
- Transformadores de seguridad.
- Tomas de tierra.
- Válvulas antirretroceso en soldadura.
- Señales luminosas marcha atrás en vehículos.
- Regado de pistas.

5.5. Formación

Todo el personal debe recibir, al ingresar en la obra, una exposición de los métodos de trabajo y los riesgos que estos pudieran entrañar, juntamente con las medidas de seguridad que deberán emplear.

Eligiendo el personal más cualificado, se impartirán cursillos de socorrismo y primeros auxilios, de forma que todos los tajos dispongan de algún socorrista.

5.6. Prevención de riada

Informe meteorológico, con dos días de previsión, expuesto en tabloneros de anuncios de oficinas, comedores y lugares de paso obligado.

Plan de retirada de maquinaria, comunicaciones intertajos y actuación del personal para situación excepcional de riesgo.

Aparatos de transmisiones que no interfieran o activen las frecuencias sensibles a los detonadores.

5.7. Medicina preventiva y primeros auxilios

❖ Botiquines

Se dispondrá de un botiquín conteniendo el material especificado en la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

Existirá uno en la zona de servicios y varios estratégicamente repartidos a lo largo de la obra.

❖ Asistencia de accidentados

El personal deberá estar informado del emplazamiento de los diferentes Centros Médicos (Servicios propios, Mutuas Patronales, Mutualidades Laborales, Ambulatorios, etc) donde debe trasladarse a los accidentados para su más rápido y efectivo tratamiento.

Es muy conveniente disponer en la obra, y en sitio bien visible, de una lista con los teléfonos y direcciones de los centros asignados para urgencias, ambulancias, taxis, etc., para garantizar un rápido transporte de los posibles accidentados a los centros de asistencia.

❖ Reconocimiento médico

Todo el personal debe pasar un reconocimiento médico de aptitud y prevención de enfermedades laborales y provisionales al menos una vez durante el período de ejecución de la obra.

5.8. Prevención de daños a terceros

Para evitar posibles accidentes a terceros, se colocarán las oportunas señales de advertencia de salida de camiones y de limitación de velocidad en la carretera, a las distancias reglamentarias de entronque con ella.

Se señalizará, de acuerdo con la normativa vigente, el enlace y cruce con las carreteras y caminos, tomándose las adecuadas medidas de seguridad que cada caso requiera.

Se señalizarán los accesos naturales a la obra, prohibiéndose el paso a toda persona ajena a la misma, excepto en los trayectos obligados de cruce, colocándose en su caso, los cerramientos necesarios.

Las partes de obra acabadas y no vigiladas deberán contar con los pretilos y vallas proyectadas.

6. OBLIGACIONES DEL PROMOTOR

Antes del inicio de los trabajos, designará a un coordinador en materia de seguridad y salud, cuando en la ejecución de las obras intervengan más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos, o diversos trabajadores autónomos.

La designación de coordinadores en materia de seguridad y salud no eximirá al promotor de sus responsabilidades.

El promotor deberá efectuar un aviso a la autoridad laboral competente antes del comienzo de las obras, que se redactará con arreglo a lo dispuesto en el Anexo III del R.D. 1627/1997, de 24 de octubre, debiendo exponerse en la obra de forma visible y actualizándose si fuera necesario.

7. COORDINADORES EN MATERIA DE SEGURIDAD Y SALUD

La designación de los coordinadores en la elaboración del proyecto y en la ejecución de obra podrá recaer en la misma persona.

El coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra deberá desarrollar las siguientes funciones:

- Coordinar la aplicación de los principios generales de prevención y seguridad.
- Coordinar las actividades de la obra para garantizar que las empresas y el personal actuante apliquen de manera coherente y responsable los principios de acción preventiva que se recogen en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos

Laborales durante la ejecución de la obra, y en particular, en las actividades a que se refiere el artículo 10 del R.D. 1627/1997.

- Aprobar el plan de seguridad y salud elaborado por el contratista y, en su caso, las modificaciones introducidas en el mismo.
- Organizar la coordinación de actividades empresariales previstas en el artículo 24 de la Ley de prevención de Riesgos Laborales.
- Coordinar las acciones y funciones de control de la aplicación correcta de los métodos de trabajo.
- Adoptar las medidas necesarias para que sólo las personas autorizadas puedan acceder a la obra.

La Dirección Facultativa asumirá estas funciones cuando no fuera necesaria la designación de un coordinador.

8. PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

En aplicación del Estudio Básico de Seguridad y Salud, el Contratista, antes del inicio de la obra, elaborará un plan de seguridad y salud en el trabajo en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en este estudio básico y en función de su propio sistema de ejecución de obra. En dicho plan se incluirán, en su caso, las propuestas de medidas alternativas de prevención que el contratista proponga con la correspondiente justificación técnica, y que no podrán implicar disminución de los niveles de protección previstos en este estudio básico.

El plan de seguridad y salud deberá ser aprobado, antes del inicio de la obra, por el coordinador en materia de seguridad y salud. Durante la ejecución de la obra, este podrá ser modificado por el contratista en función del proceso de ejecución de la misma, de la evolución de los trabajos y de las posibles incidencias o modificaciones que puedan surgir a lo largo de la obra, pero siempre con la aprobación expresa del coordinador en materia de seguridad y salud. Cuando no fuera necesaria la designación del coordinador, las funciones que se le atribuyen serán asumidas por la Dirección Facultativa.

Quienes intervengan en la obra, así como las personas u órganos con responsabilidad en materia de prevención en las empresas intervinientes en la misma y los representantes de los trabajadores, podrán presentar por escrito y de manera razonada, las sugerencias y alternativas que estimen oportunas; por lo que el plan de seguridad y salud estará en la obra a disposición permanente de los anteriormente citados, así como de la Dirección Facultativa.

9. OBLIGACIONES DE CONTRATISTAS Y SUBCONTRATISTAS

El contratista y el subcontratista están obligados a:

- Aplicar los principios de acción preventiva que se recogen en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, y en particular:
 - Mantenimiento de la obra en buen estado de orden y limpieza.
 - Manipulación de distintos materiales y utilización de medios auxiliares.
 - Elección del emplazamiento de los puestos y áreas de trabajo, teniendo en cuenta las condiciones de accesos y la determinación de vías, zonas de desplazamientos y circulación.
 - Mantenimiento, control previo a la puesta en servicio y control periódico de las instalaciones y dispositivos necesarios para la ejecución de las obras, con objeto de corregir los defectos que pudieran afectar a la seguridad y salud de los trabajadores.
 - Delimitación y acondicionamiento de las zonas de almacenamiento y depósito de materiales, en particular si se trata de materias peligrosas.
 - Almacenamiento y evacuación de residuos y escombros.
 - Recogida de materiales peligrosos utilizados.
 - Adaptación del periodo de tiempo efectivo que habrá de dedicarse a los distintos trabajos o fases de trabajo.
 - Cooperación entre todos los intervinientes en la obra.
 - Interacciones o incompatibilidades con cualquier otro trabajo o actividad.

- Cumplir y hacer cumplir a su personal lo establecido en el plan de seguridad y salud.
- Cumplir la normativa en materia de prevención de riesgos laborales, teniendo en cuenta las obligaciones sobre coordinación de actividades empresariales previstas en el artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, así como cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el Anexo IV del R.D. 1627/1997.
- Informar y proporcionar las instrucciones adecuadas a los trabajadores autónomos sobre todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiere a seguridad y salud.
- Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra.

Serán responsables de la ejecución correcta de las medidas preventivas fijadas en el plan de seguridad y salud, y en lo relativo a las obligaciones que le correspondan directamente, o en su caso, a los trabajadores autónomos por ellos contratados. Además responderán solidariamente de las consecuencias que deriven del incumplimiento de las medidas previstas en este plan.

Las responsabilidades del coordinador, dirección facultativa y del promotor no eximirán de sus responsabilidades a los contratistas y subcontratistas.

10. OBLIGACIONES DE LOS TRABAJADORES

Los trabajadores autónomos estarán obligados a:

- Aplicar los principios de acción preventiva que se recogen en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, y en particular:
 - Mantenimiento de la obra en buen estado de orden y limpieza.
 - Almacenamiento y evacuación de residuos y escombros.
 - Recogida de materiales peligrosos utilizados.
 - Adaptación del periodo de tiempo efectivo que habrá de dedicarse a los distintos trabajos o fases de trabajo.

- Cooperación entre todos los intervinientes en la obra.
 - Interacciones o incompatibilidades con cualquier otro trabajo o actividad.
-
- Cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el Anexo IV del R.D. 1627/1997.
 - Ajustar su actuación conforme a los deberes sobre coordinación de las actividades empresariales previstas en el artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, participando en particular en cualquier medida de actuación coordinada que se hubiera establecido.
 - Cumplir con las obligaciones establecidas para los trabajadores en el artículo 29, apartados 1 y 2 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
 - Utilizar equipos de trabajo que se ajusten a lo dispuesto en el R.D. 1215/1997.
 - Elegir y utilizar equipos de protección individual en los términos previstos en el R.D. 773/1997.
 - Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del coordinador en materia de seguridad y salud.
 - Los trabajadores autónomos deberán cumplir lo establecido en el plan de seguridad y salud.

11. LIBRO DE INCIDENCIAS

En cada centro de trabajo existirá, con fines de control y seguimiento del plan de seguridad y salud, un “libro de incidencias” que contará de hojas duplicado y que será facilitado por el colegio profesional al que pertenezca el técnico que haya aprobado el plan de seguridad y salud.

Deberá mantenerse siempre en la obra y en poder del coordinador. Tendrán acceso al libro: la dirección facultativa, los contratistas y subcontratistas, los trabajadores autónomos, las personas con responsabilidades en materia de prevención de las empresas intervinientes, los representantes de los trabajadores y los técnicos especializados de las Administraciones Públicas competentes en esta materia, quienes podrán hacer anotaciones en el mismo.

Efectuada una anotación en el libro de incidencias, el coordinador estará obligado a remitir en el plazo de 24 horas una copia a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en que se realiza la obra. Igualmente notificará dichas anotaciones al contratista y a los representantes de los trabajadores.

12. PARALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS

Cuando el coordinador durante la ejecución de las obras, observase el incumplimiento de las medidas de seguridad y salud, advertirá al contratista y dejará constancia de tal incumplimiento en el libro de incidencias, quedando facultado para, en circunstancias de riesgo grave e inminente para la seguridad y salud de los trabajadores, disponer la paralización de tajos, o en su caso, de la totalidad de la obra.

Dará cuenta de este hecho a los efectos oportunos a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en que se realiza la obra. Igualmente notificará al contratista, y en su caso a los subcontratistas y/o a los autónomos afectados por la paralización, y a los representantes de los trabajadores.

13. DERECHOS DE LOS TRABAJADORES

Los contratistas y subcontratistas deberán garantizar que los trabajadores reciban una información adecuada y comprensible de todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiere a seguridad y salud en la obra.

Una copia del plan de seguridad y salud y de sus posibles modificaciones, a los efectos de su conocimiento y seguimiento, será facilitada por el contratista a los representantes de los trabajadores en el centro de trabajo.

14. PLIEGO DE CONDICIONES

Disposiciones legales de aplicación

Las disposiciones legales de aplicación serán las siguientes, aparte las que pudieran desarrollarse durante la elaboración del presente proyecto y la ejecución de las obras:

- Estatuto de los trabajadores.
- Ley 31/1995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- RD 39/1997 de 17 de enero en que se aprueba el reglamento de los servicios de Prevención.
- RD 485/ 1997 de 14 de abril sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- RD 486/ 1997 de 14 de abril en que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- RD 487/1997 sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación de cargas que entrañe riesgos en particular dorsolumbar, para los trabajadores.
- RD 488/ 1997 de 14 de abril sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en el trabajo.
- RD 773/ 1997 de 30 de mayo sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección visual.
- RD 1627/ 1997 de 24 de octubre en el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción. Convenio Colectivo Provincial de la Construcción.
- RD 952/1.997 de 20 de junio, por el que se establece el certificado de profesionalidad de la ocupación de prevencionista de riesgos laborales.
- RD 1.215/1.997 de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Convenios colectivos provinciales de la construcción.
- Plan general de seguridad e higiene en el trabajo (O.M. 09/03/71) (B.O.E. 11/03/71).

- Comités de seguridad e higiene en el trabajo (Decreto 432/71 de 11/03/71) (B.O.E. 16/03/71).
- Homologación de los medios de protección personal de los trabajadores (O.M. 17/05/74) (B.O.E. 29/05/74).
- Reglamento electrotécnico de baja tensión (O.M. 20/09/73) (B.O.E. 09/10/73).
- Reglamento electrotécnico de alta tensión.
- Reglamento sobre centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformaciones (O.M. 23/06/88) (B.O.E. 03/07/88).
- Cascos de seguridad metálicos (B.O.E. 30/12/74).
- Pantallas protectoras para los soldadores (B.O.E. 02/09/75)
- Guantes aislantes de electricidad (B.O.E. 03/09/75).
- Cinturones de seguridad (B.O.E. 02/09/77).
- Cinturones de sujeción (B.O.E. 16/03/81).
- Cinturones de caídas (B.O.E. 16/03/81).
- Botas impermeables al agua y a la humedad (B.O.E. 22/12/81).

Córdoba, Septiembre de 2018.

Alumna Máster en Ingeniería Agronómica.

Victoria Ruiz Bujalance

ANEJO XV

EVALUACIÓN FINANCIERA

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	4
2. CONSIDERACIONES GENERALES	4
3. CRITERIOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA INVERSIÓN.....	5
3.1. Valor actual neto (V.A.N).....	6
3.2. Tasa Interna de rendimiento	7
3.3. Plazo de recuperación (payback)	7
3.4. Relación beneficio/inversión	8
4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE INVERSIÓN.....	8
5. ANALISIS ECONÓMICO- FINANCIERO	8
6. SITUACIÓN SIN PROYECTO.....	8
6.1. Pagos de inversión	9
6.2. Pagos ordinarios de explotación	9
6.3. Cobros ordinarios.....	11
6.4. Evaluación económica de la situación sin proyecto	12
6.4.1. Flujos de caja extraordinarios.....	12
6.4.2. Flujos de caja	13
6.4.3. Índices de evaluación económica	14
7. SITUACIÓN CON PROYECTO.....	16
7.1. Pagos de inversión	16
7.2. Pagos ordinarios de explotación	17
7.3. Cobros ordinarios.....	19
7.4. Evaluación económica de la situación con proyecto	20
7.4.1. Flujos de caja extraordinarios.....	20
7.4.2. Flujos de caja	20
7.4.3. Índices de evaluación económica	21

8.	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS: SITUACIÓN MÁS RENTABLE	23
9.	ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.....	24
9.1.	Financiación mixta.....	24
9.2.	Situación desfavorable N°1: precio de la aceituna.....	27
9.3.	Situación desfavorable N°2: Fluctuación producción y precio de la aceituna.	27
10.	CONCLUSIONES.....	30
11.	BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES CONSULTADAS	31

1. INTRODUCCIÓN

Los proyectos de inversión agraria vienen caracterizados en su vertiente económica por cuatro parámetros básicos:

1. Pago de la inversión.
2. Vida útil del proyecto. Para la evaluación financiera del proyecto se considerará una vida útil de la plantación de 30 años. Es una inversión a largo plazo ya que necesita varios años para obtener unos ingresos mínimos y amortizar los gastos.
3. Flujos de caja generados en la totalidad de la vida del proyecto.
4. Tipos de intereses de los fondos propios y ajenos. Con objeto de estudiar la rentabilidad del mismo será necesario realizar un análisis económico financiero, que comprenda tanto el aspecto estático como el dinámico de la explotación.

El objetivo del siguiente anejo es la determinación de la rentabilidad de la inversión necesaria para la ejecución y explotación del presente proyecto.

Se recoge un análisis de los flujos anuales que se generan durante su vida útil. La relación de los flujos netos se reduce a unos índices de evaluación que permiten apreciar la rentabilidad.

El estudio económico tiene limitaciones al existir incertidumbres acerca de la evaluación futura de los mercados agrarios y de los materiales necesarios. No obstante, es posible extraer del mismo algunas conclusiones sobre la viabilidad o no del proyecto.

2. CONSIDERACIONES GENERALES

Como se ha comentado, todo proyecto de inversión viene definido por cuatro parámetros fundamentales:

- Pago de inversión (K).
- Vida del proyecto (n).

- Flujos de caja (F_j).
- Tipo de financiación.

El pago de inversión (K), es un dato conocido, que podemos obtener del presupuesto del proyecto. El segundo parámetro, vida del proyecto (n), se fijará en 30 años. Y en cuanto a los flujos de caja generados por el proyecto a lo largo de su vida, se calcularán efectuando, para cada año de vida útil del proyecto, la diferencia entre los cobros y los pagos generados por hecho de realizarse la inversión.

Para determinar los flujos anuales del proyecto deben identificarse, cuantificarse y valorarse, a través del análisis de inversión y explotación del proyecto, los insumos y salidas que intervienen en el mismo.

3. CRITERIOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA INVERSIÓN

Los índices más usuales para el estudio de la evaluación financiera son el VAN (Valor actual neto) y el TIR (Tasa interna de rendimiento), pero también existen otros que permiten tener una visión más amplia del grado de rentabilidad del proyecto, como son el plazo de recuperación y la relación beneficio/inversión.

Por otro lado, conviene recordar los supuestos en los que se apoya el análisis de inversiones:

- Los cobros y los pagos de un año se producen en un mismo instante.
- Los valores futuros que tomen los tres parámetros definidores de la inversión (K , n y F_j) van a coincidir plenamente con los valores previamente estimados para dichos parámetros (condición de incertidumbre).
- Las tendencias inflacionistas o deflacionistas afectan de tal forma a los cobros y a los pagos, que los flujos de caja generados en cada año permanecen invariables.
- Se supone una vida útil de la maquinaria de 15 años, por lo que en el año 15 se realizará la reinversión de la misma.

- A lo largo del período de explotación del proyecto se irá produciendo una depreciación de los inmovilizados que darán lugar a unos flujos de caja extraordinarios como consecuencia de los pagos en concepto de renovación de los inmovilizados cuya vida útil sea menor a la del proyecto y de los cobros correspondientes a los valores residuales al final del período de explotación.
- El valor de desecho de los inmovilizados se considera igual al 10% de su valor inicial.

A continuación definimos cada uno de los índices mencionados anteriormente.

3.1. Valor actual neto (V.A.N)

El VAN es el Valor Actual Neto de un proyecto de inversión como el valor de los rendimientos generados referidos al momento actual. Es decir, la diferencia entre el valor actual de todos los cobros y el valor actual de todos los pagos, incluido el desembolso inicial. El punto de referencia para la actualización es el final del año cero o principios del año primero. Solo se aconsejará acometer aquellos proyectos cuyo VAN sea superior a cero, ya que son los que nos generaran rentabilidad. El VAN decrece a medida que la tasa de actualización aumenta, por lo que un mismo proyecto puede ser aconsejable o no en función del momento o del tipo de inversor.

El Valor Actual Neto se obtiene sumando los flujos de caja actualizados (Ec. 1):

$$V.A.N. = -K + \sum_{h=1}^{20} \frac{Fh}{(1+r)^h} \quad Ec. 1$$

Siendo:

- K : Pagos de inversión (€).
- F_h : Flujo de caja en el año h .
- r : Tasa de actualización.

El valor del V.A.N. representa la ganancia neta generada por un proyecto y alternativa concretos. El proyecto o alternativa resultará viable siempre que este índice sea positivo.

3.2. Tasa Interna de rendimiento

El **TIR** es la Tasa Interna de Rentabilidad, entendiéndose como tal el tipo de actualización para el que el valor actual neto de la misma se anula. También se define como el tipo de interés calculatorio que iguala el valor del flujo actual neto de caja del proyecto con su coste inicial.

El verdadero significado económico del TIR es el tipo de interés ganado sobre los saldos anuales no recuperados de la inversión, en forma tal que, al final de la vida útil del mismo, el saldo no recuperado sea nulo.

Se obtiene haciendo el V.A.N. igual a cero (Ec. 2), es decir, igualando el pago de inversión a la suma de los valores de los flujos de caja actualizados al momento presente.

$$K = \sum_{h=1}^{20} \frac{Fh}{(1+r)^h} \quad Ec. 2$$

3.3. Plazo de recuperación (payback)

El **plazo de recuperación** (Payback), refleja el momento en el que el valor de los flujos de caja acumulados y actualizados empiezan a ser positivos, es decir, el año a partir del cual el empresario empieza a recibir beneficios, una vez recuperado el importe del pago de inversión. Se trata de un índice parcial.

3.4. Relación beneficio/inversión

La **relación beneficio/inversión** mide el porcentaje que representan los beneficios generados por la inversión sobre el total de la misma.

4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE INVERSIÓN

La descripción detallada de las características que definen esta inversión, así como los antecedentes y motivaciones que la impulsan, se recogen en la correspondiente memoria descriptiva así como en sus anejos.

El valor de la inversión es el calculado en el Presupuesto del presente proyecto. El presupuesto total de Ejecución Material asciende a 373.233,09 €. Teniendo en cuenta los Gastos Generales (13%) y el Beneficio Industrial (6%), se tiene que el presupuesto de Ejecución por Contrata es de 444.147,38 €. Finalmente, el Presupuesto de Licitación (21% IVA), asciende a la cantidad de 537.418,33 €.

5. ANALISIS ECONÓMICO- FINANCIERO

Para comprender de un modo mejor la evaluación económica del proyecto, se expondrán a continuación dos casos, cada uno de ellos con diferentes escenarios.

El primer caso será la situación económica de la finca sin la ejecución del proyecto, y, el segundo caso, será una vez llevado a cabo la ejecución del proyecto. Así mismo, en éste último se tendrá en cuenta la sensibilidad del mercado, jugando con variables como el precio de la aceituna y la existencia o no de financiación ajena.

6. SITUACIÓN SIN PROYECTO

De no llevarse a cabo el presente proyecto de ejecución, la situación de la finca estará determinada por una plantación de olivar superintensivo en secano, con un marco de plantación de 3,75x1,5 m.

Los pagos de explotación anuales estarán constituidos por el conjunto de pagos que es necesario realizar para que el sistema productivo funcione cada año. Los cobros procederán de la venta de la cosecha, en este caso, de una producción de aceituna que se estima en 6.500 kg/ha (“*Plantaciones de Olivar en seto, Secano y Regadío*”. ASAJA)

La situación que se presenta, por tanto, es una finca de escasa rentabilidad, en comparación con el mismo cultivo en regadío. Atendiendo a un estudio realizado por la Asociación Agraria de Jóvenes Agricultores (ASAJA) en colaboración con una empresa privada, “*Plantaciones de Olivar en seto, secano y regadío*”, la diferencia entre ambas plantaciones (con igual marco de plantación), puede estar en entre 6.000 kg y 8.000 kg de aceituna por hectárea al año.

6.1. Pagos de inversión

Son flujos negativos que se realizarán en el momento inicial (Año 0). En este caso, será el coste de la implantación del cultivo. A pesar de estar ya implantado, este gasto deberá tenerse en cuenta para el estudio de la rentabilidad pues, es necesario realizarlo para poder llegar a la situación actual.

Atendiendo al marco de plantación (3,75 x 1,5 m), al número de hectáreas de cultivo (50,7 ha), y un coste total de la plantación de 3,60 €/planta, se obtiene un pago de inversión de

$$\text{Pagos de inversión}_{\text{Año 0}} = \frac{50,7 \text{ ha} \cdot \frac{10.000 \text{ m}^2}{\text{ha}}}{3,75 \cdot 1,5} \cdot 3,60 \text{ €/planta} = 324.480 \text{ €}$$

6.2. Pagos ordinarios de explotación

En la siguiente tabla (Tabla 1) se muestra el desglose de los gastos ordinarios para cada año de la fase productiva. Puede apreciarse como en los primeros años sólo aparecen los gastos propios de la explotación de la finca y, a partir del cuarto año ya se tienen en cuenta los gastos propios de la recolección de la aceituna.

Así mismo, cabe destacar que, en este caso, la diferencia entre los costes ordinarios de explotación para la situación sin proyecto y con éste, recae solamente en los costes de mantenimiento del sistema de riego y del agua extraída que se añadirán a este último.

Tabla 1. Pagos ordinarios de explotación para olivar superintensivo en seco.

Año	Nº	Operación	€/ha	Nº ha	Pagos ordinarios (€)
Año 1	1	PODA DE FORMACIÓN	20		
	2	TRATAMIENTO HERBICIDA	115		
		Coste del producto	100		
		Coste de aplicación	15		
	3	TRATAMIENTO FITOSANITARIO	260		
		Coste del producto	200		
		Coste de aplicación	60		
	4	FERTILIZACIÓN FONDO	100		
	5	COSTES INDIRECTOS	80		
		TOTAL GASTOS	575	50,7	29.152,5
Años 2 y 3	1	PODA DE FORMACIÓN	100		
	2	APLICACIÓN DE ABONO	32		
		Coste del abono	15		
	3	TRATAMIENTOS FITOSANITARIOS (3)	210,35		
	4	TRATAMIENTO HERBICIDA	115		
		Coste del producto	100		
		Coste de aplicación	15		
	5	DESVARETO	45		
	6	COSTES INDIRECTOS	120		
		TOTAL GASTOS	622,35	50,7	31.553,145
Año 4	1	PODA	150		
	2	APLICACIÓN DE ABONO	32		
		Coste del abono	15		
	3	TRATAMIENTOS FITOSANITARIOS (3)	210,35		
	4	TRATAMIENTO HERBICIDA	115		
		Coste del producto	100		
		Coste de aplicación	15		
	5	DESVARETO	45		
	6	COSTES INDIRECTOS	120		
	7	RECOLECCIÓN	75,13		
	8	TRANSPORTE ALMAZARA	10,10		
		TOTAL GASTOS	757,58	50,7	38.409,31

Año	Nº	Operación	€/ha	Nº ha	Pagos ordinarios (€)
Año 5	1-6	GASTOS FIJOS	672,35		
	7	RECOLECCIÓN	187,82		
	8	TRANSPORTE ALMAZARA	25,04		
		TOTAL GASTOS	885,21	50,7	44.880,15
Año 6	1-6	GASTOS FIJOS	672,35		
	7	RECOLECCIÓN	281,72		
	8	TRANSPORTE ALMAZARA	37,56		
		TOTAL GASTOS	991,63	50,7	50.275,64
Año 7	1-6	GASTOS FIJOS	672,35		
	7	RECOLECCIÓN	375,63		
	8	TRANSPORTE ALMAZARA	50,08		
		TOTAL GASTOS	1.098,06	50,7	55.671,42
Año 8-30 (AÑOS PARES)	1-6	GASTOS FIJOS	672,35		
	7	RECOLECCIÓN	410,54		
	8	TRANSPORTE ALMAZARA	62,61		
		TOTAL GASTOS	1.145,50	50,7	58.076,8
Año 9-29 (AÑOS IMPARES)	1-6	GASTOS FIJOS	672,35		
	7	RECOLECCIÓN	360,0		
	8	TRANSPORTE ALMAZARA	50,2		
		TOTAL GASTOS	1.082,55	50,7	54.885,3

Fuente: Elaboración propia.

6.3. Cobros ordinarios

Los ingresos ordinarios serán proporcionales al volumen de la producción y se ajustarán al plan de puesta en marcha y explotación previstos, es decir, será a partir del cuarto año cuando se obtiene producción y, por tanto, los cobros ordinarios.

Se supondrá una producción media de 6.500 kg/ha de aceituna y un precio de venta de 0,45 €/kg. A continuación, en la Tabla 2 se muestran los cobros obtenidos de la venta de la producción:

Tabla 2. Cobros de explotación para olivar superintensivo en secano.

Año	Cultivo	Técnica	Producción (kg/ha)	Precio (€/kg)	Nº ha	Total (€)
0	Olivar superintensivo	Secano	-	-	-	-
1	Olivar superintensivo	Secano	-	-	-	-
2	Olivar superintensivo	Secano	-	-	-	-
3	Olivar superintensivo	Secano	-	-	-	-
4	Olivar superintensivo	Secano	1.950	0,45	50,7	44.489,25
5	Olivar superintensivo	Secano	3.250	0,45	50,7	74.148,78
6	Olivar superintensivo	Secano	4.875	0,45	50,7	111.223,12
7	Olivar superintensivo	Secano	5.525	0,45	50,7	126.052,87
8-30 (pares)	Olivar superintensivo	Secano	6.500	0,45	50,7	148.297,5
9-29 (impares)	Olivar superintensivo	Secano	4.550	0,45	50,7	103.808,25

Fuente: Elaboración propia.

6.4. Evaluación económica de la situación sin proyecto

6.4.1. Flujos de caja extraordinarios

A lo largo del periodo de explotación del proyecto, estimado en 30 años se producirá una depreciación del inmovilizado que dará lugar a unos flujos de caja extraordinarios. Por un lado, habrá que realizar una serie de pagos en concepto de renovación del inmovilizado, cuando su vida útil sea inferior a la del proyecto. Por otro lado, habrá unos cobros correspondientes a los valores residuales al finalizar el periodo de explotación.

❖ **Vida útil**

La vida útil de la explotación se ha estimado en 30 años, ésta será la vida útil estimada también para las obras e instalaciones.

❖ **Reinversiones**

Dado que la situación sin proyecto no contempla ningún sistema de riego e impulsión, así como ninguna infraestructura, se estimará un valor de reinversión media, por motivos de posibles tratamientos contra plagas o condiciones climatológicas adversas, de 5.000 € cada 15 años.

6.4.2. *Flujos de caja*

A continuación se muestran los flujos de caja que se derivan de la explotación de la finca con una plantación de olivar superintensivo en seco (Tabla 3).

Tabla 3. Flujos de caja para olivar superintensivo en seco.

Año	Inversión	Pagos de explotación	Reinversión	Cobros	Flujos
0	324.480	-	-	-	-324.480
1	-	29.152,5	-	-	-29.152,50
2	-	31.553,145	-	-	-31.553,15
3	-	31.553,145	-	-	-31.553,15
4	-	38.409,31	-	44.489,25	6.079,94
5	-	44.880,15	-	74.148,78	29.268,63
6	-	50.275,64	-	111.223,12	60.947,48
7	-	55.671,42	-	126.052,87	70.381,45
8	-	58.076,8	-	148.297,5	90.220,70
9	-	54.885,3	-	103.808,25	48.922,95
10	-	58.076,8	-	148.297,5	90.220,70
11	-	54.885,3	-	103.808,25	48.922,95
12	-	58.076,8	-	148.297,5	90.220,70
13	-	54.885,3	-	103.808,25	48.922,95
14	-	58.076,8	-	148.297,5	90.220,70
15	-	54.885,3	5.000	103.808,25	43.922,95
16	-	58.076,8	-	148.297,5	90.220,70

Año	Inversión	Pagos de explotación	Reinversión	Cobros	Flujos
17	-	54.885,3	-	103.808,25	48.922,95
18	-	58.076,8	-	148.297,5	90.220,70
19	-	54.885,3	-	103.808,25	48.922,95
20	-	58.076,8	-	148.297,5	90.220,70
21	-	54.885,3	-	103.808,25	48.922,95
22	-	58.076,8	-	148.297,5	90.220,70
23	-	54.885,3	-	103.808,25	48.922,95
24	-	58.076,8	-	148.297,5	90.220,70
25	-	54.885,3	-	103.808,25	48.922,95
26	-	58.076,8	-	148.297,5	90.220,70
27	-	54.885,3	-	103.808,25	48.922,95
28	-	58.076,8	-	148.297,5	90.220,70
29	-	54.885,3	-	103.808,25	48.922,95
30	-	58.076,8	5.000	148.297,5	85.220,70

Fuente: Elaboración propia.

6.4.3. Índices de evaluación económica

6.4.3.1. Valor Actual Neto (V.A.N)

Se obtiene un Valor Actual Neto para:

- Tasa de actualización del 1% se tiene $V.A.N_{1\%} = 1.067.758,03 \text{ €}$.
- Tasa de actualización del 2% se tiene $V.A.N_{2\%} = 833.682,73 \text{ €}$.
- Tasa de actualización del 3% se tiene $V.A.N_{3\%} = 654.530,08 \text{ €}$.
- Tasa de actualización del 4% se tiene $V.A.N_{4\%} = 493.394,51 \text{ €}$.
- Tasa de actualización del 5% se tiene $V.A.N_{5\%} = 369.676,84 \text{ €}$.
- Tasa de actualización del 6% se tiene $V.A.N_{6\%} = 268.514,95 \text{ €}$.
- Tasa de actualización del 7% se tiene $V.A.N_{7\%} = 185.361,67 \text{ €}$.
- Tasa de actualización del 8% se tiene $V.A.N_{8\%} = 116.670,34 \text{ €}$.
- Tasa de actualización del 9% se tiene $V.A.N_{9\%} = 59.659,47 \text{ €}$.
- Tasa de actualización del 10% se tiene $V.A.N_{10\%} = 12.135,74 \text{ €}$.

Como se ha comentado, el valor del V.A.N. representa la ganancia neta generada por un proyecto y alternativa concretos y resultará viable siempre que este índice sea positivo. Como se observa, esta situación no sería rentable a partir de una tasa de actualización del 10%.

6.4.3.2. Tasa Interna de Rendimiento (T.I.R)

Se obtiene haciendo el V.A.N. igual a cero, es decir, igualando el pago de inversión a la suma de los valores de los flujos de caja actualizados al momento presente. En este caso, para que se cumpla la igualdad anterior, se obtiene una Tasa Interna de Rendimiento del 10%.

6.4.3.3. Periodo de recuperación (Payback)

Es un índice parcial que indica a partir de qué año se recupera la inversión. En este caso:

- Periodo de recuperación = 9 años y 3 meses.

6.4.3.4. Relación Beneficio-Inversión

Se obtiene una relación beneficio-inversión, para el año 30, de esta situación de 172%, lo que nos indica que por cada euro invertido en, se obtendría un incremento del 1,72 del mismo.

6.4.3.5. Resumen índices de rentabilidad. Situación sin proyecto

A continuación, en la Tabla 4, se recoge un resumen de los índices de rentabilidad obtenidos anteriormente, para la situación sin proyecto.

Tabla 4. Índices de rentabilidad para situación sin proyecto.

Índice	Valor
V.A.N. (2%) (€)	833.682,73
T.I.R. (%)	10
Payback (años)	9,25 años
Relación Beneficio-Inversión (%)	1,72

Fuente: Elaboración propia.

7. SITUACIÓN CON PROYECTO

En esta situación, la finca estará caracterizada por una plantación de olivar superintensivo con riego por goteo, con el mismo marco de plantación que en la situación anterior (3,75 x 1,5 m).

Los pagos de explotación anuales estarán constituidos por el conjunto de pagos que es necesario realizar para que el sistema productivo funcione cada año. Los cobros procederán de la venta de la cosecha, en este caso, de una producción de aceituna que se estima en 13.500 kg/ha (*“Plantaciones de Olivar en seto, Secano y Regadío”*. ASAJA)

La situación que se presenta, por tanto, es una finca de gran rentabilidad, en comparación la producción para la misma plantación en secano (6.500 kg/ha).

7.1. Pagos de inversión

El valor de la inversión es el calculado en el Presupuesto del presente proyecto. El presupuesto total de Ejecución Material asciende a 373.233,09 €. Teniendo en cuenta los Gastos Generales (13%) y el Beneficio Industrial (6%), se tiene que el presupuesto de Ejecución por Contrata es de 444.147,38 €. Finalmente, el Presupuesto de Licitación (21% IVA), asciende a la cantidad de 537.418,33 €.

A estos pagos habría que sumar la inversión correspondiente a la plantación (324.480 €) pues, a pesar de estar ya implantada, deberá tenerse en cuenta para el estudio de la rentabilidad ya que es necesario realizarla para poder llegar a la situación actual.

De este modo, la inversión inicial, en este caso, asciende a 768.627,38 €.

7.2. Pagos ordinarios de explotación

En la siguiente tabla (Tabla 5) se muestra el desglose de los gastos ordinarios para cada año de la fase productiva. Puede apreciarse como en los primeros años sólo aparecen los gastos propios de la explotación de la finca y, a partir del tercer año, ya se tienen en cuenta los gastos propios de la recolección y de la aceituna.

Así mismo, cabe destacar que, en este caso, habrá que considerar los costes de mantenimiento del sistema de riego y del agua empleada.

Tabla 5. Pagos ordinarios de explotación para olivar superintensivo en regadío.

Año	Nº	Operación	€/ha	Nº ha	Pagos ordinarios (€)
Año 1	1	PODA DE FORMACIÓN	20		
	2	TRATAMIENTO HERBICIDA	115		
		Coste del producto	100		
		Coste de aplicación	15		
	3	TRATAMIENTO FITOSANITARIO	260		
		Coste del producto	200		
		Coste de aplicación	60		
	4	FERTILIZACIÓN FONDO	100		
	5	FERTIRRIGACIÓN	150		
	6	RIEGO	250		
	7	COSTES INDIRECTOS	80		
		TOTAL GASTOS	725	50,7	36.757,5
Años 2 y 3	1	PODA DE FORMACIÓN	100		
	2	APLICACIÓN DE ABONO	32		
		Coste del abono	15		
	3	TRATAMIENTOS FITOSANITARIOS (3)	210,35		
	4	TRATAMIENTO HERBICIDA	115		
		Coste del producto	100		
		Coste de aplicación	15		
	5	DESVARETO	45		
	6	FERTIRRIGACIÓN	250		

Año	Nº	Operación	€/ha	Nº ha	Pagos ordinarios (€)
	7	RIEGO	250		
	8	COSTES INDIRECTOS	120		
	9	RECOLECCIÓN	75,13		
	10	TRANSPORTE ALMAZARA	10,10		
	TOTAL GASTOS		1.207,58	50,7	61.224,31
Año 4	1	PODA	150		
	2	APLICACIÓN DE ABONO	32		
		Coste del abono	15		
	3	TRATAMIENTOS FITOSANITARIOS (3)	210,35		
	4	TRATAMIENTO HERBICIDA	115		
		Coste del producto	100		
		Coste de aplicación	15		
	5	DESVARETO	45		
	6	COSTES INDIRECTOS	120		
	7	FERTIRRIGACIÓN	250		
	8	RIEGO	250		
	9	RECOLECCIÓN	75,13		
	10	TRANSPORTE ALMAZARA	10,10		
	TOTAL GASTOS		1.257,58	50,7	63.759,31
Año 5	1-8	GASTOS FIJOS	1.172,35		
	9	RECOLECCIÓN	187,82		
	10	TRANSPORTE ALMAZARA	25,04		
	TOTAL GASTOS		1.385,21	50,7	70.230,15
Año 6	1-8	GASTOS FIJOS	1.172,35		
	9	RECOLECCIÓN	281,72		
	10	TRANSPORTE ALMAZARA	37,56		
	TOTAL GASTOS		1.491,63	50,7	75.625,64
Año 7	1-8	GASTOS FIJOS	1.172,35		
	9	RECOLECCIÓN	375,63		
	10	TRANSPORTE ALMAZARA	50,08		
	TOTAL GASTOS		1.598,06	50,7	81.021,64
Año 8-20 (AÑOS PARES)	1-8	GASTOS FIJOS	1.172,35		
	9	RECOLECCIÓN	410,54		
	10	TRANSPORTE ALMAZARA	62,61		
	TOTAL GASTOS		1.645,50	50,7	83.426,85
Año 9-29 (AÑOS IMPARES)	1-8	GASTOS FIJOS	1.172,35		
	9	RECOLECCIÓN	360,0		
	10	TRANSPORTE ALMAZARA	50,2		
	TOTAL GASTOS		1.582,55	50,7	80.235,28

Fuente: Elaboración propia.

7.3. Cobros ordinarios

Los ingresos ordinarios serán proporcionales al volumen de la producción y se ajustarán al plan de puesta en marcha y explotación previstos, es decir, será a partir del tercer año cuando se obtiene producción y, por tanto, los cobros ordinarios.

Se supondrá una producción media de 13.500 kg/ha de aceituna, que se estabilizará a partir del año 8. Así mismo, se distinguirán los años de vecería, en los que se estima un 40% menos de producción. El precio de venta se fija en 0,45 €/kg. A continuación, en la Tabla 7 se muestran los cobros obtenidos de la venta de la producción:

Tabla 7. Cobros de explotación para olivar superintensivo en regadío.

Año	Cultivo	Técnica	Producción (kg/ha)	Precio (€/kg)	Nº ha	Total (€)
0	Olivar superintensivo	Regadío	-	-	-	-
1	Olivar superintensivo	Regadío	-	-	-	-
2	Olivar superintensivo	Regadío	-	-	-	-
3	Olivar superintensivo	Regadío	4.050	0,45	50,7	92.400,75
4	Olivar superintensivo	Regadío	6.075	0,45	50,7	138.601,12
5	Olivar superintensivo	Regadío	8.100	0,45	50,7	184.801,50
6	Olivar superintensivo	Regadío	10.800	0,45	50,7	246.402,00
7	Olivar superintensivo	Regadío	12.550	0,45	50,7	286.328,25
8-30	Olivar superintensivo	Regadío	13.500	0,45	50,7	308.002,5
9-29	Olivar superintensivo	Regadío	9.450	0,45	50,7	215.601,75

Fuente: Elaboración propia.

7.4. Evaluación económica de la situación con proyecto

7.4.1. Flujos de caja extraordinarios

La vida útil de la red de distribución y del equipo de impulsión será de 15 años, al cabo de los cuales se realizará una reinversión de los mismos. Los valores residuales de las obras consideradas al final de la vida del proyecto se muestran en la Tabla 8, así como el cálculo de cobro y pago extraordinario para cada uno de los conceptos.

Tabla 8. Valor residual de las obras.

Concepto	Valor residual inversión (%)	Vida útil (años)	Valor instalación (€)	Valor residual
Equipos de impulsión	15	15	14.250,00	2.137,50
Red de distribución	10	15	97.074,71	9.707,47
Mantenimiento balsa (geotextil, lámina)	6	15	53.056,01	3.183,46
Total 15 años				15.028,33
Caseta bombeo y filtrado	4	30	48.172,12	1.926,88
Instalación eléctrica	4	30	9.110,79	364,43
Total 30 años				17.319,64

Fuente: Elaboración propia.

7.4.2. Flujos de caja

A continuación se muestran los flujos de caja que se derivan de la explotación de la finca con una plantación de olivar superintensivo en regadío (Tabla 9).

Tabla 9. Flujos de caja para olivar superintensivo en regadío.

Año	Inversión	Pagos de explotación	Reinversión	Cobros	Flujos
0	768.627,38	-	-	-	-768.627,38
1	-	36.757,5	-	-	-36.757,50
2	-	61.224,31	-	-	-61.224,31
3	-	61.224,31	-	92.400,75	31.176,44
4	-	63.759,31	-	138.601,12	74.841,81
5	-	70.230,15	-	184.801,50	114.571,35

Año	Inversión	Pagos de explotación	Reinversión	Cobros	Flujos
6	-	75.625,64	-	246.402,00	170.776,36
7	-	81.021,64	-	286.328,25	205.306,61
8	-	83.426,85	-	308.002,5	224.575,65
9	-	80.235,28	-	215.601,75	135.366,47
10	-	83.426,85	-	308.002,5	224.575,65
11	-	80.235,28	-	215.601,75	135.366,47
12	-	83.426,85	-	308.002,5	224.575,65
13	-	80.235,28	-	215.601,75	135.366,47
14	-	83.426,85	-	308.002,5	224.575,65
15	-	80.235,28	15.028,33	215.601,75	135.366,47
16	-	83.426,85	-	308.002,5	224.575,65
17	-	80.235,28	-	215.601,75	135.366,47
18	-	83.426,85	-	308.002,5	224.575,65
19	-	80.235,28	-	215.601,75	135.366,47
20	-	83.426,85	-	308.002,5	224.575,65
21	-	80.235,28	-	215.601,75	135.366,47
22	-	83.426,85	-	308.002,5	224.575,65
23	-	80.235,28	-	215.601,75	135.366,47
24	-	83.426,85	-	308.002,5	224.575,65
25	-	80.235,28	-	215.601,75	135.366,47
26	-	83.426,85	-	308.002,5	224.575,65
27	-	80.235,28	-	215.601,75	135.366,47
28	-	83.426,85	-	308.002,5	224.575,65
29	-	80.235,28	-	215.601,75	135.366,47
30	-	83.426,85	17.319,64	308.002,5	224.575,65

Fuente: Elaboración propia.

7.4.3. Índices de evaluación económica

7.4.3.1. Valor Actual Neto (V.A.N)

Se obtiene un Valor Actual Neto para:

- Tasa de actualización del 1% se tiene $V.A.N._{1\%} = 3.138.067,26 \text{ €}$.
- Tasa de actualización del 2% se tiene $V.A.N._{2\%} = 2.516.189,33 \text{ €}$.

- Tasa de actualización del 3% se tiene $V.A.N._{3\%} = 2.014.513,08 \text{ €}$.
- Tasa de actualización del 4% se tiene $V.A.N._{4\%} = 1.607.205,08 \text{ €}$.
- Tasa de actualización del 5% se tiene $V.A.N._{5\%} = 1.274.442,39 \text{ €}$.
- Tasa de actualización del 6% se tiene $V.A.N._{6\%} = 1.000.928,65 \text{ €}$.
- Tasa de actualización del 7% se tiene $V.A.N._{7\%} = 774.794,15 \text{ €}$.
- Tasa de actualización del 8% se tiene $V.A.N._{8\%} = 586.776,50 \text{ €}$.
- Tasa de actualización del 9% se tiene $V.A.N._{9\%} = 429.607,45 \text{ €}$.
- Tasa de actualización del 10% se tiene $V.A.N._{10\%} = 297.551,74 \text{ €}$.

Como se ha comentado, el valor del V.A.N. representa la ganancia neta generada por un proyecto y alternativa concretos y resultará viable siempre que este índice sea positivo. Como se observa, esta situación no sería rentable a partir de una tasa de actualización del 13%.

7.4.3.2. Tasa Interna de Rendimiento (T.I.R)

Se obtiene haciendo el V.A.N. igual a cero, es decir, igualando el pago de inversión a la suma de los valores de los flujos de caja actualizados al momento presente. En este caso, para que se cumpla la igualdad anterior, se obtiene una Tasa Interna de Rendimiento del 13%.

7.4.3.3. Periodo de recuperación (Payback)

Es un índice parcial que indica a partir de qué año se recupera la inversión. En este caso:

- Periodo de recuperación = 7 años y 9 meses.

7.4.3.4. Relación Beneficio-Inversión

Se obtiene una relación beneficio-inversión, para el año 30, de esta situación de 226%, lo que nos indica que por cada euro invertido en, se obtendría un incremento del 2,26 del mismo.

7.4.3.5. Resumen índices de rentabilidad. Situación sin proyecto

A continuación, en la Tabla 10, se recoge un resumen de los índices de rentabilidad obtenidos anteriormente, para la situación sin proyecto.

Tabla 10. Índices de rentabilidad para situación sin proyecto.

Índice	Valor
V.A.N. (2%) (€)	1.063.701,88
T.I.R. (%)	12
Payback (años)	9,4 años
Relación Beneficio-Inversión (%)	1,96

Fuente: Elaboración propia.

8. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS: SITUACIÓN MÁS RENTABLE

En los apartados anteriores se han desarrollado dos casos diferentes. Uno de ellos, en los que se analiza la situación económica de la finca “Las Mercedes” sin llevar a cabo la ejecución del presente proyecto. Es decir, la economía de la finca vendría determinada por una plantación de olivar superintensivo en secano.

El siguiente caso estudiado ha sido la situación de la finca tras la ejecución del presente proyecto. De este modo, se transformaría la situación inicial a olivar superintensivo en regadío.

A continuación, en la Tabla 11 se muestra una comparación de los índices de rentabilidad obtenidos.

Tabla 11. Índices de rentabilidad para las dos situaciones de estudio.

Índice	Sin ejecución del proyecto	Con ejecución del proyecto
V.A.N. (2%) (€)	515.551,19	2.516.189,33
T.I.R. (%)	10	13
Payback (años)	11,4 años	7,75 años
Relación Beneficio-Inversión (%)	1,71	2,26

Fuente: Elaboración propia.

Tal y como se observa, resulta más rentable la situación en la que se lleva a cabo el presente proyecto de ejecución, en la que todos los índices de rentabilidad estudiados son más favorables, resultando, concretamente, un 32% más rentable, en cuanto a la relación beneficio-inversión. De este modo, se elige esta opción como la más rentable.

9. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

A continuación, se procede a realizar un análisis de sensibilidad de esta situación, en el que se barajarán diferentes alternativas de financiación así como fluctuaciones en el precio de la aceituna.

9.1. Financiación mixta

Los cálculos anteriores se han realizado desde un punto de vista previsible en una situación normal. No obstante, en proyectos que presentan una inversión inicial elevada, es común que se cuente con la ayuda de una financiación externa. De este modo, el proyecto va a ser financiado con aportaciones del promotor 70% y 30% con préstamos reembolsables.

A continuación se detallan las fuentes de financiación:

- Financiación externa. Se estima que se recibirá el 30% de la inversión, siendo una cantidad de 230.546,40 €, que se recibirá a principios del año uno.
- Aportación de capital propio de 537.941,6 €.

La amortización del fondo se realizará en 8 años, con un periodo de 3 años de carencia, siendo el interés al 8%.

Durante los 3 primeros años solo se devolverán intereses (8%) por lo tanto:

- Año 1: 18.443,71 €.
- Año 2: 18.443,71 €.
- Año 3: 18.443,71 €.

Los pagos por amortización del fondo se calculan (Ec. 3):

$$a = C \times \frac{i \times (1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1} \quad \text{Ec. 3}$$

Siendo:

- *C: Capital prestado (€).*
- *I: Interés del fondo.*
- *n: Número de años a devolver el fondo.*

$$a = 230.546,40 \times \frac{0,08 \times (1 + 0,08)^8}{(1 + 0,08)^8 - 1} = 40.098,31$$

Con estos condicionantes, la viabilidad desde la perspectiva empresarial es la que se indica en la Tabla 12, donde se determina el margen empresarial que genera anualmente el proyecto.

Tabla 12. Evaluación financiera con financiación mixta.

Año	Inversión	Fondo	Amortización + intereses	Margen
0	-768.627,38	-	-	-768.627,38
1	-36.757,50	384.313,69	18.443,71	329.112,48
2	-61.224,31	-	18.443,71	-79.668,02
3	31.176,44	-	18.443,71	12.732,73
4	74.841,81	-	40.098,31	34.743,50
5	114.571,35	-	40.098,31	74.473,04
6	170.776,36	-	40.098,31	130.678,05
7	205.306,61	-	40.098,31	165.208,30
8	224.575,65	-	40.098,31	184.477,34
9	135.366,47	-	-	135.366,47
10	224.575,65	-	-	224.575,65
11	135.366,47	-	-	135.366,47
12	224.575,65	-	-	224.575,65
13	135.366,47	-	-	135.366,47

Año	Inversión	Fondo	Amortización + intereses	Margen
14	224.575,65	-	-	224.575,65
15	135.366,47	-	-	135.366,47
16	224.575,65	-	-	224.575,65
17	135.366,47	-	-	135.366,47
18	224.575,65	-	-	224.575,65
19	135.366,47	-	-	135.366,47
20	224.575,65	-	-	224.575,65
21	135.366,47	-	-	135.366,47
22	224.575,65	-	-	224.575,65
23	135.366,47	-	-	135.366,47
24	224.575,65	-	-	224.575,65
25	135.366,47	-	-	135.366,47
26	224.575,65	-	-	224.575,65
27	135.366,47	-	-	135.366,47
28	224.575,65	-	-	224.575,65
29	135.366,47	-	-	135.366,47
30	224.575,65	-	-	224.575,65

Fuente: Elaboración propia.

Los índices de rentabilidad que se obtienen en esta evaluación económica se detallan a continuación.

9.1.1.1. Valor Actual Neto (V.A.N)

Se obtiene un Valor Actual Neto para:

- Tasa de actualización del 1% se tiene $V.A.N._{1\%} = 3.274.082,23 \text{ €}$.
- Tasa de actualización del 2% se tiene $V.A.N._{2\%} = 2.658.824,66 \text{ €}$.
- Tasa de actualización del 3% se tiene $V.A.N._{3\%} = 2.162.954,57 \text{ €}$.
- Tasa de actualización del 4% se tiene $V.A.N._{4\%} = 1.760.718,72 \text{ €}$.
- Tasa de actualización del 5% se tiene $V.A.N._{5\%} = 1.432.366,17 \text{ €}$.
- Tasa de actualización del 6% se tiene $V.A.N._{6\%} = 1.162.665,30 \text{ €}$.

9.1.1.2. Tasa Interna de Rendimiento (T.I.R)

En este caso, se obtiene una Tasa Interna de Rendimiento del 16%.

9.1.1.3. Periodo de recuperación (Payback)

La inversión se recupera en 9 años y 2 meses.

9.2. Situación desfavorable N°1: precio de la aceituna

Teniendo en cuenta la volatilidad que sufren los precios de los productos agrícolas en los últimos años, se ha realizado un estudio para comprobar cómo afecta este precio en la rentabilidad del proyecto. Además, se ha calculado el precio mínimo de venta que hace la rentabilidad nula (Tasa de actualización del 2%).

Tabla 13. Análisis económico en función del precio de la aceituna.

	0,60 €/kg	0,50 €/kg	0,40 €/kg	0,20 €/kg
V.A.N. (€)	4.167.221,33	3.066.533,33	1.965.845,33	-366.150,60
T.I.R. (%)	18	15	11	-
Plazo de recuperación	6 años y 6 meses	7 años y 3 meses	8 años y 9 meses	-

Fuente: Elaboración propia.

9.3. Situación desfavorable N°2: Fluctuación producción y precio de la aceituna

Los cálculos anteriores se han realizado desde un punto de vista previsible en una situación normal. No obstante, al tratarse de un periodo de tiempo tan extendido para la recuperación de la inversión, es preciso hacer un estudio suponiendo que las previsiones de producción no se cumplan debido a factores bióticos y abióticos (clima, enfermedades, plagas...), al igual que descienda de forma considerable el precio de la aceituna, como consecuencia de la situación económica global.

Por ello, se realizará un análisis de sensibilidad en el que se supondrá una situación altamente desfavorable que pondrá de relieve la consolidación o no de esta

inversión, si las previsiones para el futuro no se cumplieran como fuera esperable. Se supondrá un descenso de la producción del 15%, y una reducción del precio de la aceituna a 0,35 €/kg.

De este modo, los cobros en esta situación serían (Tabla 13):

Tabla 13. Cobros ordinarios en situación desfavorable.

Año	Cultivo	Técnica	Producción (kg/ha)	Precio (€/kg)	Nº ha	Total (€)
0	Olivar superintensivo	Regadío	-	-	-	-
1	Olivar superintensivo	Regadío	-	-	-	-
2	Olivar superintensivo	Regadío	-	-	-	-
3	Olivar superintensivo	Regadío	3.343	0,35	50,7	61.087,16
4	Olivar superintensivo	Regadío	5.164	0,35	50,7	91.630,74
5	Olivar superintensivo	Regadío	6.885	0,35	50,7	122.174,32
6	Olivar superintensivo	Regadío	9.180	0,35	50,7	162.899,1
7	Olivar superintensivo	Regadío	10.668	0,35	50,7	189.294,78
8- 30	Olivar superintensivo	Regadío	11.475	0,35	50,7	203.623,87
9- 29	Olivar superintensivo	Regadío	8.033	0,35	50,7	142.536,71

Fuente: Elaboración propia.

Los flujos de caja en esta situación se muestran en la Tabla 14:

Tabla 9. Flujos de caja para olivar superintensivo en regadío.

Año	Inversión	Pagos de explotación	Reinversión	Cobros	Flujos
0	768.627,38	-	-	-	-768.627,38
1	-	36.757,5	-	-	-36.757,50
2	-	61.224,31	-	-	-61.224,31
3	-	61.224,31	-	61.087,16	43.496,54
4	-	63.759,31	-	91.630,74	93.321,96

Año	Inversión	Pagos de explotación	Reinversión	Cobros	Flujos
5	-	70.230,15	-	122.174,32	139.211,55
6	-	75.625,64	-	162.899,1	203.629,96
7	-	81.021,64	-	189.294,78	243.483,71
8	-	83.426,85	-	203.623,87	265.642,65
9	-	80.235,28	-	142.536,71	164.113,37
10	-	83.426,85	-	203.623,87	265.642,65
11	-	80.235,28	-	142.536,71	164.113,37
12	-	83.426,85	-	203.623,87	265.642,65
13	-	80.235,28	-	142.536,71	164.113,37
14	-	83.426,85	-	203.623,87	265.642,65
15	-	80.235,28	15.028,33	142.536,71	149.085,04
16	-	83.426,85	-	203.623,87	265.642,65
17	-	80.235,28	-	142.536,71	164.113,37
18	-	83.426,85	-	203.623,87	265.642,65
19	-	80.235,28	-	142.536,71	164.113,37
20	-	83.426,85	-	203.623,87	265.642,65
21	-	80.235,28	-	142.536,71	164.113,37
22	-	83.426,85	-	203.623,87	265.642,65
23	-	80.235,28	-	142.536,71	164.113,37
24	-	83.426,85	-	203.623,87	265.642,65
25	-	80.235,28	-	142.536,71	164.113,37
26	-	83.426,85	-	203.623,87	265.642,65
27	-	80.235,28	-	142.536,71	164.113,37
28	-	83.426,85	-	203.623,87	265.642,65
29	-	80.235,28	-	142.536,71	164.113,37
30	-	83.426,85	17.319,64	203.623,87	248.323,01

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede ver en la tabla, la inversión sigue siendo rentable pero mucho más vulnerable. En esta ocasión, el VAN ($i=2\%$) es de 817.318,54 €, el TIR es del 7% y el plazo de recuperación es de 12 años y 2 meses.

10. CONCLUSIONES

A la vista de los índices de rentabilidad económica para los tipos de interés planteados, se pueden deducir las siguientes conclusiones prácticas acerca de la rentabilidad de la inversión del presente proyecto de ejecución:

- Ante los dos casos iniciales estudiados, se deduce que la realización del proyecto es la opción más rentable, por presentar mayores índices de rentabilidad. De este modo, la situación en la que se encuentra la finca “Las Mercedes”, se vería favorecida de forma económica con la implantación del proyecto.
- En una situación normal y esperada, la realización del proyecto resulta rentable desde el punto de vista económico, pues su Valor Actual Neto es positivo (2.516.189,33 € $i=2\%$) para todos los tipos de interés elegidos. Su tasa de rendimiento (TIR) se considera adecuada (13%), garantizando también la rentabilidad del proyecto. Así mismo, la recuperación de la inversión se producirá a los 7 años y 9 meses, periodo de tiempo razonable considerando la gran vida útil de la plantación.
- En cuanto al estudio de sensibilidad, se considera que el proyecto no será rentable para un precio de la aceituna $< 0,20$ €/kg. No obstante, este valor es muy inferior a los precios medios de los últimos años, que rondan los 0,45 €/kg.
- La financiación mixta supone una buena opción como ayuda y facilidad para el pago de la inversión inicial, pues, presenta unos índices de rentabilidad superiores a la situación con financiación propia.
- Finalmente, ante una situación desfavorable, en la que la producción esperada fuese un 15% menor y el precio de la aceituna descendiera a 0,35 €/kg, se considera que el proyecto sigue siendo rentable, aunque con menores beneficios.

11. BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES CONSULTADAS

- FERNÁNDEZ ESCOBAR, R. 1988. Diseño y planificación de plantaciones frutales. Mundi-Prensa. Madrid.
- ROMERO, C. Evaluación Financiera de inversiones agrarias. Mundi-Prensa, 1998.
- BARRANCO, D., FERNÁNDEZ-ESCOBAR, R. y RALLO, L. (1999). El *cultivo del olivo*. 3ª edición. Editorial Mundi-Prensa. Madrid.
- DOMINGO SANZ, J. Apuntes de la asignatura “Gestión de Cooperativas Agrarias”. ETSIAM. Universidad de Córdoba.
- ALONSO y SERRANO Economía de la empresa agroalimentaria, Mundi-prensa 2000, cap. 7.

ANEJO XVI
ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. ANTECEDENTES	1
1.2. JUSTIFICACIÓN DE LA TRAMITACIÓN AMBIENTAL	1
1.3. LEGISLACIÓN APLICABLE Y PROTECCIÓN AMBIENTAL	3
1.3.1. <i>Ámbito internacional</i>	3
1.3.2. <i>Ámbito europeo</i>	3
1.3.3. <i>Ámbito estatal</i>	3
1.3.4. <i>Ámbito autonómico</i>	4
1.3.5. <i>Espacios naturales protegidos</i>	5
1.3.6. <i>Protección de hábitats, flora y fauna silvestre</i>	5
1.3.7. <i>Planeamiento urbanístico municipal</i>	6
1.3.8. <i>Planeamiento supramunicipal</i>	6
1.3.9. <i>Vías pecuarias</i>	6
1.3.10. <i>Terrenos forestales</i>	7
1.3.11. <i>Contaminación atmosférica</i>	8
1.3.12. <i>Residuos</i>	9
1.3.13. <i>Aguas</i>	9
1.3.14. <i>Prevención y lucha contra incendios forestales</i>	10
1.3.15. <i>Patrimonio histórico</i>	10
1.3.16. <i>Suelos contaminados</i>	11
2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO Y SUS ACCIONES	11
2.1. LOCALIZACIÓN E IDENTIFICACIÓN	11
2.2. CARACTERÍSTICAS DE LAS INSTALACIONES ACTUALES Y PROBLEMÁTICA EXISTENTE	12
2.3. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DEL PROYECTO	13
2.4. ANÁLISIS DE LAS EMISIONES	13
2.4.1. <i>Tipo</i>	13
2.4.2. <i>Cantidad</i>	14
2.4.3. <i>Emisiones previstas</i>	14
2.5. ANÁLISIS DE LOS RESIDUOS GENERADOS	15
3. ESTUDIO Y ANÁLISIS AMBIENTAL DEL TERRITORIO AFECTADO	16

3.1.	INTRODUCCIÓN	16
3.2.	MEDIO FÍSICO	16
3.2.1.	<i>Climatología</i>	16
3.2.2.	<i>Características geológicas</i>	17
3.2.3.	<i>Hidrología</i>	20
3.2.4.	<i>Edafología</i>	22
3.3.	MEDIO BIÓTICO	22
3.3.1.	<i>Vegetación</i>	22
3.3.2.	<i>Fauna</i>	27
3.4.	MEDIO PERCEPTUAL	28
3.4.1.	<i>Paisaje</i>	28
3.5.	MEDIO SOCIOECONÓMICO.....	30
3.5.1.	<i>Usos del territorio</i>	30
3.5.2.	<i>Socioeconomía y población</i>	32
3.5.3.	<i>Vías Pecuarias</i>	35
3.5.4.	<i>Espacios Naturales. Red Natura 2000</i>	37
4.	IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE IMPACTOS.....	38
4.1.	METODOLOGÍA	38
4.2.	ACCIONES IMPACTANTES	42
4.2.1.	<i>Impactos sobre la atmósfera</i>	46
4.2.2.	<i>Impactos sobre las aguas</i>	47
4.2.3.	<i>Impactos sobre los suelos</i>	48
4.2.4.	<i>Impactos sobre la vegetación</i>	49
4.2.5.	<i>Impactos sobre la fauna</i>	50
4.2.6.	<i>Impactos sobre el paisaje</i>	51
4.2.7.	<i>Impactos sobre socioeconomía y población</i>	52
4.2.8.	<i>Impactos sobre el patrimonio histórico</i>	53
5.	MEDIDAS PREVISTAS PARA REDUCIR, ELIMINAR O COMPENSAR LOS EFECTOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS	53
5.1.	MEDIDAS A APLICAR EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓN.....	53
5.1.1.	<i>Protección de la calidad del aire</i>	53
5.1.2.	<i>Protección y reposición de los suelos</i>	54

5.1.3.	<i>Protección de la calidad del agua y cursos fluviales</i>	55
5.1.4.	<i>Gestión de residuos de obra.....</i>	55
5.1.5.	<i>Medidas de protección de la fauna.....</i>	57
5.1.6.	<i>Medidas de protección de la vegetación</i>	58
5.1.7.	<i>Medidas de protección del paisaje</i>	58
5.1.8.	<i>Contratación de mano de obra local.....</i>	59
5.2.	MEDIDAS A APLICAR EN LA FASE DE EXPLOTACIÓN	59
5.2.1.	<i>Protección de la atmósfera.....</i>	59
5.2.2.	<i>Protección y reposición de los suelos.....</i>	59
5.2.3.	<i>Protección de la calidad del agua y cursos fluviales</i>	60
5.2.4.	<i>Protección de la fauna.....</i>	60
5.2.5.	<i>Protección de la socioeconomía.....</i>	60
6.	PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL	61
6.1.	DEFINICIÓN DE LOS OBJETIVOS DE CONTROL Y MEDIDAS CORRECTORAS Y PROTECTORAS A APLICAR	61
6.1.1.	<i>Protección de la atmósfera.....</i>	62
6.1.2.	<i>Protección de las aguas.....</i>	63
6.1.3.	<i>Protección del suelo</i>	64
6.1.4.	<i>Protección de la flora.....</i>	64
6.1.5.	<i>Vigilancia de la Protección de la Fauna.....</i>	64
6.1.6.	<i>Restauración ambiental y protección del paisaje.....</i>	65
6.1.7.	<i>Protección patrimonial y medio social.....</i>	66
6.2.	INFORMES DE SEGUIMIENTO MEDIOAMBIENTAL.....	66
6.2.1.	<i>Fase de construcción.....</i>	66
6.2.2.	<i>Fase de explotación.....</i>	67
7.	BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES CONSULTADAS.....	68

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

El presente proyecto de ejecución consiste en una modernización agrícola determinada por la transformación a regadío de un olivar superintensivo, con una superficie regable de 50,7 hectáreas, en la finca “Las Mercedes”, situada en el término municipal de Palma del Río, provincia de Córdoba.

Lo que se pretende, por tanto, es implementar un sistema de riego por goteo subterráneo para el riego de 50,7 ha de olivar superintensivo, distribuidas en las siguientes parcelas (Tabla 1):

Tabla 1. Relación de parcelas que conforman la finca “Las Mercedes”.

Municipio	Polígono	Parcela	Referencia Catastral	Superficie (ha)
49 - Palma del Río	21	71	14049A021000710000II	6,5074
49 - Palma del Río	21	72	14049A021000720000IJ	1,6224
49 - Palma del Río	21	95	14049A021000950000IO	10,3953
49 - Palma del Río	21	96	14049A021000960000IK	28,8417
49 - Palma del Río	21	97	14049A021000970000IR	10,8120
49 - Palma del Río	21	110	14049A021001100000IH	3,0781
49 - Palma del Río	21	337	4049A021003370000IY	1,6226
49 - Palma del Río	21	338	14049A021003380000IG	1,9277
Total Superficie Catastral				64,8072

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Catastro, 2018.

1.2. Justificación de la tramitación ambiental

Esta transformación de secano a regadío pone de manifiesto la necesidad de tramitar la correspondiente Autorización Ambiental Unificada para la actuación, finalidad del presente documento. Para su desarrollo, se han seguido las prescripciones recogidas en el Anexo IV y V del Decreto 356/2010.

Según la normativa legal vigente que regula todo el proceso administrativo:

- Ley 7/2007, de 9 de Julio de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental, de la Junta de Andalucía.
- Decreto 356/2010, de 3 de agosto, por el que se regula la autorización ambiental unificada, se establece el régimen de organización y funcionamiento del registro de autorizaciones de actuaciones sometidas a los instrumentos de prevención y control ambiental, de las actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera y de las instalaciones que emiten compuestos orgánicos volátiles, y se modifica el contenido del Anexo I de la Ley 7/2007, de 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental.
- Decreto-ley 5/2014, de 22 de abril, de medidas normativas para reducir las trabas administrativas para las empresas, en el que se modifica algunos aspectos de la Ley 7/2007, de 9 de Julio de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental, de la Junta de Andalucía. En concreto, el Anexo I de esta Ley se sustituye por el Anexo III del citado Decreto-ley.

En el Anexo III de la Ley 3/2014, de 1 de octubre, de medidas normativas para reducir las trabas administrativas para las empresas, en el que se modifica algunos aspectos de la Ley 7/2007, de 9 de Julio de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental, de la Junta de Andalucía (el Anexo I de esta Ley se sustituye por el Anexo III de aquélla), se recoge:

Categoría 9. Agricultura, selvicultura y acuicultura

“9.5. Proyectos de gestión de recursos hídricos para la agricultura, con inclusión de proyectos de riego o de avenamientos de terrenos, cuando afecten a una superficie mayor de 10 hectáreas o bien proyectos de consolidación y mejora de regadíos de más de 100 hectáreas.”

La finca objeto de estudio contará con la implantación de un sistema de riego en una superficie de 50,7 ha, y, por tanto, este proyecto de mejora será necesario que se someta al procedimiento de Autorización Ambiental Unificada (AAU), para lo que se realizará el presente Estudio de Impacto Ambiental.

1.3. Legislación aplicable y protección ambiental

1.3.1. Ámbito internacional

- Instrumento de Ratificación del Convenio sobre evaluación del impacto en el medio ambiente en un contexto transfronterizo, hecho en Espoo (Finlandia) el 25 de Febrero de 1991. (Firma el 20 de octubre de 1997). BOE 261, de 31 de octubre de 1997.

1.3.2. Ámbito europeo

- Directiva 85/337/CEE, del Consejo de 27 de junio de 1985, relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente.
- Directiva 97/11/CEE, del Consejo de 3 de marzo de 1997 (modificación Directiva 85/337 CEE relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente).
- Directiva 1999/31/CE del Consejo de 26 de abril de 1999 relativa al vertido de residuos.
- Directiva 91/692/CEE, del Consejo, de 23 de diciembre de 1991, sobre la normalización y la racionalización de los informes relativos a la aplicación de determinadas directivas referentes al medio ambiente.
- Directiva 2001/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de Junio de 2001, relativa a la evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente (SEA) DOCE nº 197/L, de 21 de julio de 2001.
- Directiva 2009/28/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de abril de 2009, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables y por la que se modifican y se derogan las Directivas 2001/77/CE y 2003/30/CE.
- Directiva 2009/147/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de noviembre de 2009, relativa a la conservación de las aves silvestres.
- Decisión de Ejecución de la Comisión, de 7 de noviembre de 2013, por la que se adopta la séptima lista actualizada de lugares de importancia comunitaria de la región biogeográfica mediterránea (notificada con el número C(2013) 7356).

1.3.3. Ámbito estatal

- Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental.
- Real Decreto 292/1995, de 12 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental.

1.3.4. Ámbito autonómico

- Ley 3/2014, de 1 de octubre, de medidas normativas para reducir las trabas administrativas para las empresas.
- Ley 7/2007, de 9 de julio, de Gestión Integrada de Calidad Ambiental (G.I.C.A.) (BOJA 143, 20/07/2007), (BOE 190, 09/08/2007).
- Decreto 356/2010, de 3 de agosto por el que se regula la autorización ambiental unificada, se establece el régimen de organización y funcionamiento del registro de autorizaciones de actuaciones sometidas a los instrumentos de prevención y control ambiental, de las actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera y de las instalaciones que emiten compuestos orgánicos volátiles, y se modifica el contenido del Anexo I de la Ley 7/2007, de 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental.
- Decreto 12/99, de 26 de enero, por el que regulan las Entidades Colaboradoras de la Consejería de Medio Ambiente, en materia de Protección Ambiental (BOJA 25, 27/02/99).
- Decreto 356/2010, de 3 de agosto, por el que se regula la autorización ambiental unificada, se establece el régimen de organización y funcionamiento del registro de autorizaciones de actuaciones sometidas a los instrumentos de prevención y control ambiental, de las actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera y de las instalaciones que emiten compuestos orgánicos volátiles, y se modifica el contenido del Anexo I de la Ley 7/2007, de 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental.
- Decreto 5/2012, de 17 de enero, por el que se regula la autorización ambiental integrada y se modifica el Decreto 356/2010, de 3 de agosto, por el que se regula la autorización ambiental unificada.
- Decreto-Ley 3/2015, de 3 de marzo, por el que se modifican las Leyes 7/2007, de 9 de julio, de gestión integrada de la calidad ambiental de Andalucía, 9/2010, de 30 de julio, de aguas de Andalucía, 8/1997, de 23 de diciembre, por la que se aprueban medidas en materia tributaria, presupuestaria, de empresas de la Junta de Andalucía y otras entidades, de recaudación, de contratación, de función pública y de finanzas de arrendamientos y suministros y se adoptan medidas excepcionales en materia de sanidad animal.

1.3.5. Espacios naturales protegidos

ESTATAL

- Ley 42/2007, de 13 de diciembre, estatal, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad.

AUTONÓMICA

- Decreto 493/2012, de 25 de septiembre, por el que se declaran determinados lugares de importancia comunitaria como Zonas Especiales de Conservación de la Red Ecológica Europea Natura 2000 en la Comunidad Autónoma de Andalucía.
- Ley 2/1989, de 18 de julio, por la que se aprueba el Inventario de Espacios Naturales Protegidos de Andalucía y se establecen medidas adicionales para su protección.

Esta última se ha visto modificada por:

- Ley 6/1996, de 18 de julio, relativa a la modificación del artículo 20 de la Ley 2/1989, de 18 de julio, por la que se aprueba el inventario de espacios naturales protegidos.
- Ley 2/1995, de 1 de junio, sobre modificación de la Ley 2/1989, de 18 de julio, por la que se aprueba el inventario de espacios naturales protegidos de Andalucía y se establecen medidas adicionales para su protección.
- Ley 8/2003, de 28 de octubre, de la flora y la fauna silvestres - Razón de la afección: ·Se deroga el apartado b), salvo lo referente a minerales y fósiles, y el apartado e) del artículo 26, así como los artículos 29,30 y 32.2 de la ley 2/1989
- Ley 18/2003, de 29 de diciembre, por la que se aprueban medidas fiscales y administrativas - Razón de la afección: ·Se modifica el artículo 2,26 y 27 de la ley 2/1989.

1.3.6. Protección de hábitats, flora y fauna silvestre

ESTATAL

- Ley 42/2007, de 13 de diciembre, estatal, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad.
- Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero, para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo Español de Especies Amenazadas.
- Real Decreto 1421/2006, de 1 de diciembre, por el que se modifica el Real Decreto

1997/1995, de 7 de diciembre, por el que se establecen medidas para contribuir a garantizar la biodiversidad mediante la conservación de los hábitats naturales y de la flora y fauna silvestres.

- Real Decreto 1432/2008, de 29 de agosto, por el que se establecen medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en líneas eléctricas de alta tensión.

AUTONÓMICA

- Ley 8/03, de 28 de octubre, de la flora y la fauna silvestres. (BOJA 218, 12/11/03).
- Orden de 4 de junio de 2009, por la que se delimitan las áreas prioritarias de reproducción, alimentación, dispersión y concentración de las especies de aves incluidas en el Catálogo Andaluz de Especies Amenazadas y se dispone la publicación de las zonas de protección existentes en la Comunidad Autónoma de Andalucía en las que serán de aplicación las medidas para la protección de la avifauna contra la colisión y la electrocución en las líneas eléctricas aéreas de alta tensión.
- Decreto 23/2012, de 14 de febrero, por el que se regula la conservación y el uso sostenible de la flora y la fauna silvestres y sus hábitats.

1.3.7. Planeamiento urbanístico municipal

LOCAL

- Plan General de Ordenación Urganística de Palma del Río, Córdoba.

1.3.8. Planeamiento supramunicipal.

PROVINCIAL

- Plan Especial de Protección del Medio Físico de la provincia de Córdoba.

1.3.9. Vías pecuarias.

ESTATAL

- Ley 3/95, de 23 de marzo, de Vías Pecuarias (BOE 71, 24/03/95).

AUTONÓMICA

- Decreto 155/98, de 21 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Vías Pecuarias de la Comunidad Autónoma de Andalucía (BOJA 87, 04/08/98).
- Acuerdo de 27 de marzo de 2001, del Consejo de Gobierno, por el que se aprueba el Plan para la Recuperación y Ordenación de la Red de Vías Pecuarias de la Comunidad Autónoma de Andalucía (BOJA 74, 30/06/01).
- Ley 27/2006, de 18 de julio, por la que se regulan los derechos de acceso a la información de participación pública y de acceso a la justicia en materia de medio ambiente.

1.3.10. Terrenos forestales

ESTATAL

- Ley 43/03, de 21 de noviembre, de montes (BOE 280, 22/11/03).

Modificada por:

- Ley 10/2006 de 28 de abril.
- Ley 21/2015 de 20 de julio.

AUTONÓMICA

- Ley 2/92, de 15 de junio Forestal de Andalucía. (BOJA 57, 23/06/92, BOE 163, 08/07/92).
- Decreto 208/97, de 9 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento Forestal de Andalucía (BOJA 117, 07/10/1997).
- Ley 5/99, de 29 de junio, de prevención y lucha contra los incendios forestales (BOJA 82, 17/07/99).
- Decreto 371/2010, de 14 de septiembre, por el que se aprueba el Plan de Emergencia por Incendios Forestales de Andalucía y se modifica el Reglamento de Prevención y Lucha contra los Incendios Forestales aprobado por el Decreto 247/2001, de 13 de noviembre.

1.3.11. Contaminación atmosférica

ESTATAL

- Ley 34/07, de 15 de noviembre, de Calidad del Aire y Protección de la Atmósfera.
- Real Decreto 100/2011, de 28 de enero, por el que se actualiza el catálogo de actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera y se establecen las disposiciones básicas para su aplicación. (BOE. núm. 25, de 29 de enero de 2011).
- Real Decreto 1675/2008, de 17 de octubre, por el que se modifica el Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre, por el que se aprueba el Documento Básico "DB-HR Protección frente al ruido" del Código Técnico de la Edificación y se modifica el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire. (BOE. núm. 25, de 29 de enero de 2011).
- Real Decreto 100/2011, de 23 de enero, por el que se actualiza el catálogo de actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera y se establecen las disposiciones básicas para su aplicación.
- Real Decreto 524/2006, de 28 de abril, por el que se modifica el Real Decreto 212/2002, de 22 de febrero, por el que se regulan las emisiones sonoras en el entorno debidas a determinadas máquinas de uso al aire libre.

AUTONÓMICA

- Ley 7/07, de 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental.
- Decreto 326/2003, de 25 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Protección contra la Contaminación Acústica en Andalucía.
- Orden de 26 de julio de 2005, por la que se aprueba el modelo tipo de ordenanza municipal de protección contra la contaminación acústica (BOJA 158, 16/08/05).
- Decreto 151/06, de 25 de julio, que establece los valores límite y la metodología a aplicar en el control de emisiones no canalizadas de partículas por las actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera.
- Decreto 357/2010, de 3 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento para la Protección de la Calidad del Cielo Nocturno frente a la Contaminación Lumínica y el establecimiento de medidas de ahorro y eficiencia energética para el sistema de alumbrado exterior.

- Decreto 6/2012, de 6 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento de Protección de Contaminación Acústica.

1.3.12. Residuos

ESTATAL

- Ley 22/2011, de 28 de julio, de Residuos y Suelos Contaminados.
- Real Decreto 833/1988, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986, Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos (BOE-A- 1988-18848). Última modificación de 7 de abril de 2015.

AUTONÓMICA

- Decreto 73/2012, de 20 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento de Residuos de la Comunidad Autónoma de Andalucía. (BOJA 81 de 26/04/2012).

1.3.13. Aguas

EUROPEA

- Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre de 2000, por el que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.

ESTATAL

- Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas (BOE núm. 176, de 24-07-2001, pp. 26791-26817).
- Real Decreto 606/2003, de 23 de mayo, por el que se modifica el Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, que desarrolla los Títulos preliminar, I, IV, V, VI y VIII de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas.
- Real Decreto 927/88, de 29 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de la Administración Pública del Agua y de la Planificación Hidrológica, en desarrollo de los títulos II y III de la Ley de Aguas (BOE 209, 31/08/88).
- Real Decreto 1541/2009, de 2 de octubre, por el que se regula la protección de las aguas

en la política de Gestión y Protección de las Masas de Agua.

- RD 9/2008, de 11 de enero, por el que se modifica el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, aprobado por el Real Decreto 849/86, de 11 de abril.
- Ley 11/2005, de 22 de junio, por la que se modifica la Ley 10/2001, de 5 de junio, del Plan Hidrológico Nacional.

1.3.14. Prevención y lucha contra incendios forestales

AUTONÓMICA

- Ley 5/99, de 29 de junio, de Prevención y Lucha contra los Incendios Forestales. (BOJA 82, 17/07/99), BOE 190, 10/08/99).

Modificada por:

- Ley 17/1999, de 28 de diciembre, por la que se aprueban medidas fiscales y administrativas. – Razón de la afección: · Modifica el art. 51.3 de la Ley 5/1999.
 - Ley 3/2004, de 28 de diciembre, de Medidas Tributarias, Administrativas y Financieras.
- Decreto 247/01, de 13 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Prevención y Lucha contra los Incendios Forestales. (BOJA 144, 15/12/01).

Modificado por:

- Decreto 371/2010, de 14 de septiembre, por el que se aprueba el Plan de Emergencia por Incendios Forestales de Andalucía y se modifica el Reglamento de Prevención y Lucha contra los Incendios Forestales aprobado por el Decreto 247/2001, de 13 de noviembre.

1.3.15. Patrimonio histórico

ESTATAL

- Ley 23/82, de 16 de junio reguladora del Patrimonio nacional (modificada por la ley 66/1997).
- Ley 16/85, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español (BOE 155, de 20/06/85).

- Real Decreto 600/2011, de 29 de abril, por el que se modifica el Reglamento de la Ley 23/1982, de 16 de junio, reguladora del Patrimonio Nacional, aprobado por Real Decreto 496/1987, de 18 de marzo.

AUTONÓMICA

- Ley 14/2007, de 26 de noviembre, del Patrimonio Histórico de Andalucía (modificada por artículo sexto del Decreto Ley 3/2009, de 22 de diciembre), (modificada los artículos 54, 60, 69, 78 y 98 por la Ley 7/2011, de 3 de noviembre). BOJA 248, de 19/12/07.
- Decreto 379/2009, de 1 de diciembre, por el que se modifican el Decreto 4/1993, de 26 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de Organización Administrativa del Patrimonio Histórico de Andalucía, y el Decreto 168/2003, de 17 de junio, por el que se aprueba el Reglamento de Actividades Arqueológicas. BOJA 244, de 16/12/09.

1.3.16. Suelos contaminados.

ESTATAL

- Real Decreto 9/05, de 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados. (BOE 15, de 18/01/05).

2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO Y SUS ACCIONES

2.1. Localización e identificación

La zona objeto de estudio se encuentra en el término municipal de Palma del Río (Córdoba), en pleno Valle del Guadalquivir, a tan solo 1,2 km del Río Guadalquivir en dirección Noroeste, aunque éste discurre al Norte de la finca de Este a Oeste, siendo el arroyo “Madre de Fuentes” límite de la finca en toda su cara Este (Figura 1).



Figura 3. Localización finca “Las Mercedes” sobre ortofoto.

Fuente: Elaboración propia a partir de Ortofoto PNOA, 2018. Instituto Geográfico Nacional.

Los límites de la zona regable, así como su localización se pueden observar más concretamente en los planos N° 1 y N° 2 que se adjuntan.

En un ámbito más general, la zona se puede localizar en las hojas 942-24 y 964-21 del mapa topográfico de Andalucía a escala 1:10.000.

La superficie de riego total con que cuenta la finca, una vez realizada la transformación explicada anteriormente, es de 50,7 ha destinadas en su totalidad al cultivo de olivar superintensivo con riego localizado.

2.2. Características de las instalaciones actuales y problemática existente

Actualmente, la situación que presenta la finca y, según se ha plasmado en el Anejo XV. “Evaluación Financiera” es de escasa rentabilidad, ya que contiene, en su totalidad, 50,7 hectáreas de olivar superintensivo pero sin ningún sistema de riego, principalmente porque el caudal que obtienen del pozo es insuficiente. Por ello, su objetivo es implantarlo ahora, tras

realizar la plantación, junto con la construcción de una balsa de almacenamiento y regulación de agua.

2.3. Características básicas del proyecto

Las infraestructuras con las que contará la finca “Las Mercedes” una vez llevado a cabo dicho proyecto de ejecución son las siguientes:

- Pozo.
- Nave de bombeo y filtrado.
- Balsa de almacenamiento y regulación de agua.
- Red de riego.

La descripción detallada de cada una de estas instalaciones se recoge en sus correspondientes anejos:

- *Anejo V. Cálculo de la balsa y estabilidad de taludes.*
- *Anejo VII. Cálculos Hidráulicos de la Red de Riego.*

2.4. Análisis de las emisiones

2.4.1. Tipo

Las emisiones fundamentales debidas a la realización de las tareas de construcción y explotación son:

- Líquidos: los residuos más graves generados son los restos de hidrocarburos o aceites minerales, por pérdida accidental de la maquinaria, debido a su alta toxicidad.
- Sólidos: se pueden generar los siguientes residuos:
 - Partículas de tierra en suspensión hacia cursos de agua, provocados por movimientos de tierra en obras.
 - Restos de material de construcción por rotura, acumulación, embalajes, etc.
 - Sobrantes de tierra generados por el enterramiento de tuberías.

2.4.2. *Cantidad*

Es difícil cuantificar, a priori la cantidad de residuos que se pueden generar durante la obra, ya que, con la introducción de medidas protectoras y correctoras, se intentará reducir al máximo estos posibles vertidos e incluso evitar que se produzcan. Una cantidad estimada de los residuos generados se detalla en el Anejo XII. “*Gestión de Residuos*” del presente proyecto.

No se generarán durante la obra residuos considerados como peligrosos.

2.4.3. *Emisiones previstas*

❖ **Emisiones a la atmósfera**

Durante la fase de construcción de las nuevas instalaciones (balsa de almacenamiento de agua, red de tuberías y caseta de bombeo y filtrado), se producirán emisiones de polvo y ruido propios de las obras de excavación de tierras, así como el tránsito de camiones.

En la fase de funcionamiento no se producirán emisiones a la atmósfera.

❖ **Vibraciones**

La utilización de maquinaria agrícola y la circulación de transportes pesados provoca la emisión de vibraciones que pueden afectar a la estructura del suelo y a la microfauna. Los procesos de compactación se asocian posteriormente a problemas de erosión y de deforestación.

❖ **Ruido**

Las emisiones acústicas están asociadas al funcionamiento de la maquinaria de construcción por un lado y, por otro, a los equipos de bombeo ubicados en la zona de toma de agua en el pozo, así como en la estación de filtrado y bombeo.

Mientras duran los trabajos de construcción, estas emisiones serán en todo caso de carácter puntual. No obstante, durante la fase de funcionamiento, se producirán emisiones acústicas debido a los equipos de bombeo tanto de la toma en el pozo como de la estación de

bombeo. Sin embargo, estas emisiones no se consideran graves, puesto que la bomba del pozo se encontrará sumergida y la bomba dispuesta para el riego de la finca, se encontrará dentro de la nave de bombeo y filtrado proyectada para tal fin.

❖ **Líquidas**

Los retornos, producto del lavado del suelo en cultivo, se pueden considerar como parte integrante de la actividad de regadío. Además se pueden considerar las posibles emisiones de los motores de vehículos y maquinaria agrícola, desde combustibles hasta lubricantes.

❖ **Sólidas**

La emisión de contaminantes por restos de agroquímicos ya se producía en la zona, por lo que no se espera un incremento neto sino una mejor gestión del agua, el principal agente de arrastre de los contaminantes hacia la red hidrológica natural y los seres que integran el agrosistema.

2.5. Análisis de los residuos generados

Durante la ejecución de las obras se generarán los residuos propios de la construcción de la balsa y la nave de bombeo y filtrado así como de la instalación de conducciones (recortes de tuberías y chapa de acero, envases vacíos, material de limpieza, material procedente del movimiento de tierras, etc), que serán retirados del lugar por la misma empresa instaladora.

Durante la fase de funcionamiento se generarán los residuos característicos de la limpieza de los equipos de filtrado. Básicamente, se generarán residuos no peligrosos como sólidos y demás partículas que lleva el agua de riego en suspensión (fundamentalmente arenas y limos). Ese residuo sólido, al no ser peligroso, se podrá llevar hasta alguna parcela de la finca y extenderse en ella.

3. ESTUDIO Y ANÁLISIS AMBIENTAL DEL TERRITORIO AFECTADO

3.1. Introducción

Tal como se indica en el Anexo III del Decreto 356/2010, de 3 de agosto, por el que se regula la Autorización Ambiental Unificada, se establece el régimen de organización y funcionamiento del registro de autorizaciones de actuaciones sometidas a los instrumentos de prevención y control ambiental, de las actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera y de las instalaciones que emiten compuestos orgánicos volátiles, y se modifica el contenido del Anexo I de la Ley 7/2007, de 9 de julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental, el Estudio de Impacto ambiental debe analizar la incidencia sobre: “el ser humano, la fauna, la flora, el suelo, el agua, el aire, los factores climáticos, los bienes materiales y el patrimonio cultural, el paisaje, la salud, así como la interacción entre los factores citados.”

El objetivo del análisis ambiental será exponer de una forma sencilla, y a la vez rigurosa, las características climáticas, geológicas y edafológicas de la zona en estudio. Se procede por tanto a describir los aspectos del territorio más significativos.

3.2. Medio físico

3.2.1. Climatología

La caracterización climatológica de la finca se realiza de forma detallada en los Anejos I y II (“Estudio Agronómico” y “Necesidades Hídricas”), adjuntos en el presente proyecto. A continuación, se añade un breve resumen de los resultados.

Debido a la ubicación de las parcelas que componen la finca “Las Mercedes”, se han tomado los datos climáticos de la estación termopluviométrica “Lora del Río ‘El Priorato’”, en la provincia de Sevilla, situada a 6,10 km de la zona de estudio. Dichos datos proceden de la Red de Estaciones Agroclimáticas de Andalucía para la serie comprendida entre los años 2008 y 2017.

Por su extensión y topografía, la zona se puede considerar con unas características climáticas uniformes y, por tanto, esta estación climática es por sí sola suficientemente representativa.

La temperatura máxima media es inferior a los 26°C, mientras que la temperatura mínima media no supera los 11°C. En cuanto a la temperatura media, ésta oscila en torno a los 18 °C. Así mismo, la precipitación media anual de la zona es superior a 600 mm en el periodo estudiado.

3.2.2. Características geológicas

En el Anejo I. “*Estudio Agronómico*”, se realiza una descripción de la geología propia de la zona. No obstante, y, debido a la importancia de la geología en un Estudio de Impacto Ambiental, a continuación se realiza un estudio más profundo de los aspectos geológicos.

La zona objeto de estudio se encuadra dentro de la unidad denominada Depresión del Guadalquivir, que coincide con la cuenca del río Guadalquivir, constituida por las regiones naturales de Sierra Morena y la Campiña.

Las tres unidades estructurales netamente distinguibles a lo largo de la cuenca del Guadalquivir son: el Macizo Hercínico, el Neógeno autóctono y el Olistostroma (formación alóctona). En el término municipal de Palma del Río aparecen representadas, en superficie, sólo dos de las unidades citadas: el Macizo Hercínico y el Neógeno autóctono.

El Neógeno es transgresivo sobre el Paleozoico y su línea de contacto se corresponde a grandes rasgos con la antigua orilla del mar que invadió la Depresión del Guadalquivir, formando un surco marino desde el océano Atlántico hasta el mar Mediterráneo, que cubrió gran parte de la zona Subbética.

La mayor parte de la zona de campiña se encuentra recubierta por aluviones recientes y otros sedimentos cuaternarios y pliocuaternarios.

❖ Estratigrafía

Los niveles geológicos encontrados en la zona responden a las edades del:

- Cámbrico Inferior.
- Mioceno.
- Pliocuaternalio.
- Cuaternario.

Los materiales que conforman estos niveles geológicos son:

- **Cámbrico Inferior (Esquistos)**

Representado por rocas metamórficas del Macizo Paleozoico. Constituyen en esta área el zócalo sobre el que se han depositado los sedimentos más recientes. El único afloramiento se encuentra al norte de Palma del Río. Mitológicamente las rocas de esta edad son esquistos cuarzo albiticos, en general muy tectonizados.

- **Mioceno (Calizas, Margas azules, Materiales detríticos)**

Discordante y transgresiva sobre el Paleozoico se superpone una serie marina que tiene en su base una formación caliza, sobre ella margas azules y posteriormente otra serie de carácter detrítico, que representa la regresión de la cuenca. El tránsito vertical entre formaciones es gradual.

La formación caliza solo aflora al norte de Palma del Río presentándose como una capa de poco espesor sobre los esquistos Paleozoicos. Mitológicamente esta formación está constituida por calizas, calizas arenosas y calizas margosas de tonos blancos a amarillentos.

Sobre las calizas se disponen concordantes la formación margosa que aflora en la mayor parte del término municipal al sur del Guadalquivir. Esta formación está constituida principalmente por margas de color azulado cuando se presentan frescas y de color beige-amarillentas cuando están alteradas. El aspecto general es masivo, pero a veces presentan laminación paralela y zonas más calcáreas con estructuras nodulares.

Concordante sobre las margas azules descansa una formación compuesta de arenas, areniscas, limos y margas estratificadas. Estos materiales sólo aparecen al sureste de Palma del Río junto al río Genil.

- **Pliocuaternalario (Raña)**

La raña que, con carácter regional, cubre grandes extensiones en la parte central de la cuenca del Guadalquivir, tiene en Palma del Río una amplia representación recubriendo las margas azules. Este material se formó durante una etapa antigua del Cuaternario y posiblemente del Pliocuaternalario. Los materiales que la forman son conglomerados, gravas, arenas, areniscas, limos, arcillas y costras calcáreas, siendo el más abundante la arena.

La potencia es variable, se estima unos 8 metros de espesor, pero en muchos casos puede ser mínimo e incluso faltar quedando enmascarada por el suelo.

- **Cuaternario (Aluviales, 1ª Terraza, 2ª Terraza)**

El Cuaternario adquiere un gran desarrollo en la zona, constituyendo una ancha franja paralela al curso del Guadalquivir.

Las formaciones cuaternarias son principalmente sedimentos fluviales con naturaleza de gravas más o menos sueltas o compactadas en función de su edad, y que se disponen a distinta cota. Se han delimitado tres niveles fluviales: Aluvial, 1ª Terraza y 2ª Terraza.

La formación más moderna, denominada Aluvial incluye el lecho actual de los ríos y su cauce mayor.

La composición de los depósitos diferenciados es la siguiente:

- Aluvial: gravas de cantos medios a gruesos, bastante redondeados, totalmente sueltos y composición variada, arenas sueltas y limos.
- 1ª Terraza: gravas poco cementadas con cantos de tamaño medio, con arenas y lodos que hacen de matriz. Suelen tener de 1 a 4 metros de potencia.
- 2ª Terraza: conglomerado y gravas sueltas, de tamaño medio y fino, con arena y algo de arcilla arenosa o limosa. Por alteración dan costras rojizas.

Los niveles de la terraza marcan el antiguo discurrir del río, sin que se aprecien diferencias netas respecto al actual.

Otros sedimentos cuaternarios presentes en el término municipal son los derrubios de ladera. Se localizan distribuidos a lo largo de las laderas que excavan los arroyos. Están constituidos principalmente por materiales procedentes de la raña pliocuaternaria mezclados con margas alteradas.

- **Tectónica**

La Depresión del Guadalquivir se formó con posterioridad al Plegamiento Alpino, constituyendo una cuenca postorogénica marginal.

La zona en estudio se caracteriza por una tectónica de deformación muy intensa en los esquistos (materiales paleozoicos). La red de fracturación responde generalmente a dos tipos: fallas longitudinales paralelas a los contactos y otras transversales que desplazan a aquellas.

Los materiales del Mioceno y Pliocuatnario no presentan deformaciones sustanciales, solo un suave buzamiento hacia el sur debido al basculamiento de la cuenca. Están afectados por algunas fallas normales con saltos de más de 10 metros. Sólo se ha descrito una falla de este tipo en la parte más meridional del término municipal.

3.2.3. *Hidrología*

La red hidrográfica está completamente marcada por el río Guadalquivir, que recorre la zona de estudio en dirección este a oeste.

Se puede afirmar que existe un eje principal, el río Guadalquivir y dos ejes secundarios el Genil y el Retortillo, al sur y norte respectivamente, siendo el afluente “Arroyo Madre de Fuentes” límite en la cara norte de la finca.

El río Guadalquivir discurre a lo largo de su depresión, dejando a su derecha el gran escalón de Sierra Morena y a su izquierda la campiña y parte de las Béticas.

El Genil llega desde Écija en dirección sureste-noroeste enmarcando el núcleo urbano en sus meandros, estando éste asentado sobre una antigua terraza del Genil. Es el principal

afluente del Guadalquivir y su cauce procede del sur recorriendo una de las depresiones intrabéticas, abriéndose paso en los materiales blandos de época postorogénica.

En un nivel inferior existen numerosos arroyos y barrancos que surcan el municipio, como es el caso del arroyo Madre de Fuentes. La mayoría son tributarios del Genil y entre los más significativos están, por la extensión de su cuenca, el arroyo del Lagar por la izquierda y el arroyo del Rincón por la derecha. Al río Guadalquivir tributa el arroyo Madre de Fuentes, que desemboca en la Isla del Rincón, próximo al Calonge y creada por un meandro abandonado del Guadalquivir. También el arroyo de Matillas desemboca por la izquierda y además marca el límite municipal en el extremo suroeste.

De los tres cursos fluviales importantes que recorren la zona, todos ellos sufren importantes obras de regulación en algún punto de su recorrido. Su finalidad es tanto asegurar la dotación de agua como evitar los riesgos de inundación. Cabe destacar, que existe un embalse dentro de la zona de estudio.

En el término municipal de Palma del Río no se han detectado lagunas endorreicas, si bien reúne las características físicas para su existencia, como en municipios limítrofes donde se han podido constatar. La intensa transformación que ha sufrido este territorio ha llevado a su desecación, pero queda constancia verbal y escrita de la existencia de estas lagunas, algunas de ellas claramente localizadas como el caso de la laguna de Mendoza.

La importancia de la hidrogeología deriva del volumen de los depósitos subterráneos y de los caudales que circulan por ellos. Estos depósitos ocupan importantes extensiones de terreno y para facilitar su estudio se han agregado en áreas hidrogeológicas, que presentan una situación geográfica próxima, y condiciones afines en el marco geológico, hidrogeológico y en la problemática hídrica.

Las tres unidades hidrogeológicas pertenecen todas a la cuenca del Guadalquivir y los sistemas acuíferos son: Altiplano de Écija, Aluvial del Guadalquivir y Sierra Morena.

3.2.4. Edafología

Su descripción detallada se incluye en el Anejo I. “*Estudio Agronómico*” del presente proyecto.

3.3. Medio biótico

La zona objeto de estudio se encuentra enclavada cercana al río Guadalquivir. Este río destaca por la presencia de una interesante vegetación palustre y ribereña, que sirve de alimento y cobijo a especies tales como el ruiseñor bastardo, el galápago leproso y el papamoscas gris.

En este enclave se funden un sistema natural (río, bosque galería, sotos de ribera) y otro artificial (embalses colmatados, vegetación palustre emergente), dando lugar a dos dinámicas acuáticas y a una riqueza biológica potencialmente más alta que la que presentaría cada uno de los sistemas por separado.

3.3.1. Vegetación

3.3.1.1. Vegetación potencial

La vegetación presente en un determinado espacio es el resultado de la confluencia de una serie de factores físicos que propician la aparición de comunidades vegetales específicas, estas se denominan vegetación climática de un territorio.

La acción que el hombre desarrolla sobre un territorio en su devenir histórico modifica los condicionantes que favorecen los distintos tipos de vegetación alterando las formaciones vegetales naturales y dando lugar a la vegetación actual del territorio.

Los factores de los que depende la vegetación son: suelo, temperatura, agua, altitud y latitud. Distintas áreas de conocimiento se dedican a estudiar las relaciones que existen entre ellos y las comunidades vegetales.

La Bioclimatología estudia las interacciones mantenidas con los factores climáticos, siendo la temperatura la más importante. Resultado de la interacción vegetación-temperatura son los llamados pisos bioclimáticos definidos por Rivas Martínez como “zonas termoclimáticamente homogéneas que se suceden en la cliserie altitudinal”. La clasificación de dominios termoclimáticos en relación a la altitud son:

- Termomediterráneo: < a 700 m.s.n.m.
- Mesomediterráneo: 700 a1500 m.s.n.m.
- Supramediterráneo: 1500 a1900 m.s.n.m.
- Oromediterráneo: 1900 a2300 m.s.n.m.
- Crioromediterráneo: > a 2300 m.s.n.m.

Igualmente, y dado que la vegetación responde zonificándose frente a la gradación de las precipitaciones, los bioclimas se clasifican en función de las precipitaciones (ombroclimas):

- Árido: < a 200 mm
- Semiárido: 200 a350 mm
- Seco: 350 a600 mm
- Subhúmedo: 600 a1000 mm
- Húmedo: 1000 a1600 mm
- Hiperhúmedo: > a 1600 mm

Por tanto, en función de sus condicionantes altitudinales y ombroclimáticos, la zona de estudio presenta condiciones físicas para que su vegetación responda a las características del piso termomediterráneo seco-subhúmedo.

La Biogeografía se encarga del estudio de la distribución geográfica de las distintas comunidades vegetales y las causas que rigen tal distribución. Retomando a Rivas Martínez, la localización que hace del área de estudio es Región Mediterránea, Provincia Bética, Sector Hispalense (Subsector Hispalense).

A tal identificación corológica le sigue la asociación de un paisaje vegetal específico (series de vegetación) cuyas especies se encuentran adaptadas a las características físicas del territorio clasificado.

Por tanto, las series de vegetación clímax (basadas en características físicas exclusivamente, sin actuación antropozoógena) en la zona objeto de estudio son:

- **SERIE TERMOMEDITERRÁNEA HISPALENSE, SECA ÁCIDA DE *Quercus rotundifolia* O ENCINA (*Oleo europaea-Quercetorotundifoliae* S.)**

La vegetación característica de esta zona, hoy ocupada por tierras de cultivo, era un encinar con zarzaparrilla si bien en las zonas más bajas las comunidades ancestrales del encinar se presentaban frecuentemente bajo la forma de extensísimos acebuchales que ocupaban los suelos de bujeo. Los acebuchales han desaparecido en la práctica totalidad del término y los escasos ejemplares que subsisten lo hacen en linderos y cortaduras de los encajamientos fluviales. En el acebuchal es frecuente la presencia de especies con apetencias higrófilas como el aro (*Arum italicum*), presente en la etapa de matorral denso, palmito (*Chamaerops humilis*), coscoja (*Quercus coccifera*), rosales (*Rosa sempervirens*) y el matorral de degradación lo forman especies como aulagas (*Ulex scaber*), esparragueras (*Asparagus acutifolia*) y matagallos (*Phlomis purpurea*).

Esta serie ocuparía una amplia extensión de la zona estudiada, excepción hecha de la vegetación propia de la ribera de los ríos. El bosque, que debería ser muy denso, con acebuches, palmitos y especies trepadoras, tenía como especie característica la zarzaparrilla inerme (*Smilax aspera*). El matorral denso de sustitución era un coscojar con espinos (*Rhamnus oleoides*), bayones, esparragueras, alguna hiniesta (*Genista spartioides*) y plantas volubles como los candilicos (*Aristolochia baetica*) o la clemátide (*Clematis cirrhosa*) en algunas situaciones, cuando se posibilita la recuperación del matorral, éste se vuelve muy denso pudiendo alcanzar algunas de sus especies hasta 2 m.

- **VEGETACIÓN RIPARIA**

Desde épocas remotas, las márgenes de los ríos han sufrido fuertes alteraciones. El acopio de madera para elaboración de instrumentos, para obtener energía, para dedicar a la

construcción, ha originado la deforestación de las márgenes fluviales y la introducción de especies alóctonas (eucalipto) que han ocupado el lugar de las especies autóctonas. Los bosques galería han desaparecido dando paso a vegetación de ribera, es decir, los bosques perfectamente estratificados dependiendo de sus requerimientos sobre el elemento agua, han sido desplazados por una serie de elementos vegetales que buscan humedad para su propia supervivencia en la ribera de los ríos o cursos de agua. La vegetación potencial de estos ámbitos estaría compuesta, en un orden de lo acuático a lo terrestre, de los siguientes estratos:

- **Sauceda:** ocupando las márgenes de los ríos y arroyos, siempre en contacto con el agua corriente o muy cerca de ella; el *salixes* el elemento dominante. Juega un papel importante en la protección del cauce frente a las grandes avenidas, a las que son muy resistentes.
- **Alameda:** son bosques riparios caducifolios mediterráneos, propios de orillas de ríos y cursos de agua permanentes, ocupando los llanos de inundación periódica. La especie arbórea predominante es el álamo blanco (*Populus alba*), junto a fresnos (*Fraxinus angustifolia*) y sauces (*Salix alba*), suelen formar los típicos bosques galería.
- **Olmeda:** Constituyen el bosque ripario caducifolio propio de los cursos medio y bajo de los ríos, ocupando vegas y llanuras de inundación. Debido al gran valor agrícola de su biotopo genuino, difícilmente puede encontrarse en la actualidad una olmeda en estado más o menos natural. En ella predomina el olmo (*Ulmus minor*), pudiendo aparecer de forma esporádica alguna de las especies anteriormente descritas.

Esta catena teórica suele aparecer muy mezclada, desapareciendo o perdiendo importancia las comunidades más externas. La orla espinosa de estos bosques y primer estadio de vegetación lo constituye un zarzal denso, donde predomina el *Rubus ulmifolius*. Sobre suelos despejados y sometidos a hidromorfía se presentan juncuales densos; si estos suelos además de húmedos sufren una nitrificación, se instalan densos gramales.

3.3.1.2. Vegetación actual

Expuesta la vegetación potencial de la zona, resta hacer referencia a la vegetación que, en la actualidad, alberga la superficie en estudio. La casi totalidad de la misma se encuentra roturada y destinada a la explotación agrícola por lo que las superficies ocupadas por vegetación natural son muy reducidas.

Las comunidades o formaciones vegetales encontradas son las siguientes:

- Área adehesada.
- Vegetación riparia de porte arbóreo.
- Carrizal.
- Eucaliptos.
- Acebuchal/Palmital.
- Pastizal.
- Erial.

A continuación se detallan cada una de las formaciones.

- **Dehesa.** Se localiza junto al Parque Periurbano y al sur del término municipal de Palma del Río; constituye el mejor procedimiento para aunar intereses económicos y conservación de la cubierta vegetal. Se mantienen rodales de encinas entre superficies roturadas dedicadas al cultivo de cereal y dedicadas a usos ganaderos.
- **Vegetación riparia de porte arbóreo.** Constituida por vegetación autóctona con formaciones de caducifolios mediterráneos ligados a cursos de agua permanentes, ocupan los llanos de inundación periódica. La especie arbórea predominante es el eucalipto, acompañado de sauces, fresnos y, en algunos lugares tarajes. Suelen formar pseudobosques galería a lo largo de los cursos del Genil y Guadalquivir.
- **Carrizal.** Lo protagonizan especies de carrizos, aneas y cañas que se desarrollan en las zonas de crecida de los ríos. Los juncos de juncos churreros (*Scirpus holoschoenus*) se localizan en allí donde el encharcamiento es mayor.
- **Eucaliptos.** Especie muy utilizada como elemento decorativo en los cortijos que salpican la superficie municipal; igualmente aparecen en pequeños rodales formando conjuntos boscosos singulares que crean puntos de referencia en el paisaje.
- **Acebuchal/Palmital.** Constituye la vegetación de bujeo refugiada en los fondos de arroyos donde permanecen a salvo de la roturación. Junto a los cursos de agua los ejemplos más representativos se localizan en el arroyo de la Matilla y Madre de Fuentes. Esta comunidad es bastante densa aclarándose conforme se abandonan los suelos hidromórficos. El palmito se refugia en linderos y borde de caminos y carreteras.

- **Pastizal.** Se trata de las superficies donde la cubierta vegetal se limita a presentar gramíneas fugaces y especies colonizadoras. Éstas aparecen tapizando los abarrancamientos o cicatrices de despegue originadas por el socavamiento lateral de los cursos de agua, principalmente el Genil.
- **Erial.** Se trata de áreas donde la vegetación se limita a un tapizado gramoide. Coincide con áreas de inundación de cursos estacionales o superficies que han dejado de ser explotadas agrícolamente.

3.3.2. Fauna

El apartado faunístico se abordará desde la descripción de los distintos ambientes identificados en la zona y de la fauna potencial a ellos asociada. Los ámbitos diferenciados son:

- **Ámbito de zonas húmedas.**
 - **Ámbito de Campiña.**
- **Ámbito de zonas húmedas.** El medio acuático y las zonas húmedas son el hábitat de especies con características muy singulares y diferenciadas. Los espacios ligados al recurso agua son los referidos a cursos del Guadalquivir y Genil, hasta hace poco también se le sumaban superficies encharcadas tales como las Lagunas de Mendoza. Al margen de la necesidad que todo ser vivo tiene de presencia de agua para poder subsistir, algunas especies hacen del líquido elemento su hábitat por excelencia, otras se sirven de sus proximidades para establecer áreas de caza que aseguren su manutención.

Los mamíferos más ligados a los entornos de zonas húmedas son los que en su dieta la proporción de insectos es muy elevada: erizo (*Erinaceuseuropaeus*), topo (*Talpa occidentalis*), rata de agua (*Arvicolasapidus*), y topillo (*Microtusduodecimcostatus*).

Idéntica circunstancia sucede con la avifauna; pese a que albergan gran número de especies durante todo el año, son los meses estivales en los que aumenta la densidad de individuos; ello es debido a la mayor proliferación de insectos, lo que atrae a las especies migratorias que se alimentan de ellos. Especies ligadas a estos ambientes son: alcaudón común (*Laniussenator*), autillo (*Otusscops*), bisbita campestre (*Anthuscampestris*),

chochín (*Troglodytestroglodytes*), lavandera blanca (*Motacilla alba*), papamoscas gris (*Muscicapastriata*), ruiseñor bastardo (*Cettia cetti*).

Al margen de mamíferos y aves, otras especies faunísticas potencialmente presentes en ambientes húmedos son los anfibios: sapo común (*Bufo bufo*), sapo corredor (*Bufo calamita*), rana verde común (*Rana perezi*). De entre los reptiles en este ámbito puede destacarse la presencia del galápago leproso (*Mauremys leprosa*) y de la culebra viperina (*Natrix maura*).

- **Ámbito de Campiña.** Este ámbito lo integran las superficies cuya dedicación tradicional ha sido el cultivo herbáceos de secano lo que propicia la abundancia de especies de alta especialización en el aprovechamiento del resto de cosecha.

Las especies mayoritarias son las semilleras, aunque no serían las únicas; representantes de la avifauna de este ámbito de llanura potencialmente serían las que se enumeran a continuación: alcaraván (*Burhinusoediceus*), calandria (*Melanocorypha calandra*), cuervo (*Corvus corax*), estornino negro (*Sturnus unicolor*), grajilla (*Corvus monedula*), jilguero (*Carduelis carduelis*), pardillo (*Carduelis cannabina*), perdiz (*Alectoris rufa*), zarcero (*Hippolais polyglotta*), etc. La presencia de estas aves reclama la aparición de rapaces de distinto porte: águila perdicera (*Hieraaetus fasciatus*) o el cernícalo (*Falco tinnunculus*) que a su vez suponen un control natural de la población de mamíferos roedores en la zona.

Especies de mamíferos que pudieran estar presentes en este ámbito son: conejo (*Oryctolagus cuniculus*), la liebre (*Lepus granatensis*), ratón de campo (*Apodemus sylvaticus*), ratón moruno (*Mus spretus*), ratón casero (*Mus musculus*), rata de campo (*Rattus rattus*), rata común (*Rattus norvegicus*).

3.4. Medio perceptual

3.4.1. Paisaje

Teniendo en cuenta las características fisiográficas de la zona, se considerará una única unidad de paisaje:

• RELIEVES TABULARES

Los Relieves Tabulares están caracterizados por un relieve horizontal, una superficie llana donde destacan por su componente vertical los pocos árboles y cortijos diseminados por el territorio. El uso dominante y único del suelo es agrícola, con grandes extensiones dedicadas al cultivo de cereal, que confieren un alto grado de monocromatismo asociado a los cambios estacionales. En la época en que el campo se halla roturado resalta la textura que le confiere los bolos, material procedente de procesos geológicos pasados. El cielo domina la escena.

- **Calidad visual.** El paisaje de los relieves Tabulares es pobre en elementos que lo caractericen pero su combinación configura inequívocamente su imagen: la horizontalidad, la ausencia de cierres y el uso del suelo para cultivos de cereal que enfatiza la amplitud de vistas. Los elementos singulares, árboles y cortijos, que en otros lugares pasarían por vulgares, adquieren relevancia en la línea del horizonte.
- **Fragilidad intrínseca.** Están sometidos a uso agrícola de cultivos herbáceos de secano, que han eliminado casi en su totalidad la vegetación arbórea natural, por lo que los conceptos de densidad, estratos, altura o contraste cromático no tienen aplicación en este sentido. La pendiente es inexistente, lo que se traduce en cuencas visuales muy amplias, con pocos huecos y visión rasante. Los cortijos, por su valor tradicional, y las agrupaciones arbóreas, por escasas, constituyen focos de atención. El factor que más incide en su fragilidad es la gran compacidad de la cuenca, ya que cualquier actuación de cierta altura resalta y es difícil (casi imposible) de ocultar.
- **Fragilidad adquirida y capacidad de acogida.** Es un área con posibilidades paisajísticas, frágil en el entorno de sus pocos elementos singulares, pero debido a su posición en el territorio y accesibilidad nula resulta difícil potenciar sus valores paisajísticos. Presenta un buen soporte físico para la implantación de actividades, si bien hay que tener en cuenta que la presencia de un potente acuífero implica un control riguroso y exhaustivo de los residuos. La capacidad para acoger acciones antrópicas sería aceptable si se mejorara su accesibilidad con un adecuado sistema viario.

Una vez efectuado el análisis, se concluye que la calidad del paisaje en el entorno donde se localiza la actuación, se clasifica como medio. En este lugar el paisaje está integrado por

campos de cultivos y parcelas localizadas a lo largo del trazado de la línea que presenta un valor tanto de calidad como de fragilidad paisajística media pero poco significativo.

3.5. Medio socioeconómico

3.5.1. Usos del territorio

El análisis de los usos de suelo tiene como objetivo el conocimiento de su estructura territorial sin entrar en su valoración económica o productiva.

La zona objeto de estudio se asienta en la Vega del Guadalquivir, una de las zonas de Andalucía con mayor potencialidad para su explotación agrícola; climatología idónea, aportes hídricos asegurados y feracidad de los suelos garantizan una rica agricultura.

Dominado territorialmente por los usos agrarios, casi el 90% de la superficie total está destinada a este uso, el resto de la superficie municipal la ocupan los cursos de agua y sus riberas. Tradicionalmente, el aprovechamiento agrícola de regadío se ceñía a las terrazas de los ríos, pues éstos aseguraban el aporte de agua. En la actualidad se continúa con esa tónica, transformándose el secano con nuevos sistemas de riego, como es el caso de la zona de estudio.

La ocupación del territorio responde claramente a las benignas condiciones del medio físico que lo soporta y su aprovechamiento responde a las posibilidades que ese medio ofrece al hombre para su explotación, mantenimiento y la obtención de una productividad.

Los usos del territorio se pueden clasificar en los siguientes grupos:

- 1) Usos agrícolas de secano.
- 2) Usos agrícolas de regadío.

• USO AGRÍCOLA DE SECANO

Ocupa las zonas menos fértiles, aquellas más alejadas de las cuencas de los ríos. La superficie de secano se ha visto reducida progresivamente en las últimas décadas. Este es el

caso de la finca objeto de proyecto, en la que se pretende implementar un sistema de riego en un olivar superintensivo. Se distinguen en este punto los siguientes cultivos:

- **Herbáceos:** las extensiones más importantes dedicadas a este cultivo se localizan en los llanos de los relieves tabulares. La alternativa trigo-girasol es la utilizada en los mejores suelos; en ocasiones es aconsejable flexibilizar esta alternativa con la introducción de leguminosas (garbanzos) que mejoran el suelo. En otras ocasiones la primera hoja suele ser de trigo y en las zonas menos fértiles, cebada y avena, y la segunda hoja es girasol. Las habas y guisantes también se utilizan como cultivos alternativos al girasol y las nuevas variedades mejoradas presentan una alta rentabilidad.
- **Arborescentes:** son las superficies de menor extensión, quedando relegadas a pequeñas parcelas junto a cortijos en la zona de relieves tabulares. El aprovechamiento de estas parcelas es olivar, cuya producción se destina a almazara.

- **USO AGRÍCOLA DE REGADÍO**

La distribución geográfica del regadío quedaba inscrita casi completamente a las terrazas fluviales de los ríos Guadalquivir y Genil, pero este aprovechamiento ha trascendido dichos límites para extenderse más allá. Han sido agrupados los distintos usos en las categorías que se señalan a continuación:

- **Terrazas fluviales con herbáceos:** se corresponde mayoritariamente con los terrenos de regadío localizados en la terraza fluvial del Guadalquivir. Los cultivos más abundantes son: algodón, trigo, girasol, maíz, habas, patatas, cebollas, sandías y espárragos.
- **Terrazas fluviales con cítricos:** Palma del Río es la principal productora de cítricos de la provincia de Córdoba. Las plantaciones se localizan en las zonas más fértiles, las primeras terrazas de vega aluvial de los márgenes del Genil y del Guadalquivir. Las variedades tradicionales van destinadas a zumo, si bien también hay una importante superficie dedicada al consumo, con nuevas variedades.

- **Áreas de cultivo ocasional vinculado a cauces:** estas áreas son pequeñas superficies localizadas en los márgenes de los cursos de agua, explotadas agrícolamente cuando las condiciones de curso fluvial lo permiten e imposibilitadas para su cultivo cuando los crecimientos y/o avenidas del río arrasan la infraestructura en ellas creada. Se han identificado áreas dedicadas a este uso en las márgenes del Guadalquivir y del Arroyo Madre de Fuentes.
- **Áreas en transformación con arborescentes:** tradicionalmente la explotación llevada a cabo en estas superficies era la de aprovechamiento agrícola de secano. La introducción de nuevos sistemas de regadío, en particular el riego por goteo, ha posibilitado el cultivo de arborescentes en las zonas de pendiente colindantes al río Genil y en el relieve tabular que se extiende en la margen derecha del río Genil. Los cultivos arbóreos practicados son de melocotoneros, naranjos y olivar.
- **Áreas en transformación con herbáceos:** suponen la casi total conversión del secano. Sustituyen sistemáticamente los cultivos herbáceos de secano; la mejora del sistema de explotación mediante la introducción del regadío cambia completamente la fisonomía del paisaje agrícola del municipio ya que desaparece el barbecho. Las explotaciones mantienen los mismos cultivos variando sólo la rentabilidad de los mismos.

3.5.2. *Socioeconomía y población*

La situación de Palma del Río en pleno Valle del Guadalquivir y Genil, hacen de ella un lugar propicio para la agricultura, principal pilar económico del municipio.

La riqueza de sus tierras permite la combinación de los cultivos de secano y regadío, principalmente los cítricos, siendo el naranjo el que ocupa la mayor parte de las hectáreas extendidas por las zonas más fértiles, dando lugar a un panorama protagonizado por la huerta tradicional. Hay que destacar otros productos propios de la Vega como la patata, la cebolla, el espárrago y la sandía, que ofrecen frescura y variedad al mercado y otros cultivos como el algodón, el maíz, la remolacha y el girasol. En la zona de campiña también destaca el cultivo de secano, especialmente las grandes extensiones de trigo y girasol.

Esta riqueza agrícola propicia que la actividad industrial también se vea favorecida, ya que la mayoría de empresas que existen en Palma del Río están relacionadas con este sector y se dedican a la manipulación, transformación y comercialización de la naranja y otros productos hortofrutícolas.

Además de la importancia de la industria dedicada a la alimentación, encontramos otros como el sector de la madera y el textil que generan una importante actividad económica.

En cuanto a población, el municipio de Palma del Río ha experimentado en los últimos años una dinámica demográfica negativa, en la que la tasa de población ha disminuido un 2% desde 2010 hasta 2017. En la siguiente tabla (Tabla 2), se recoge la evolución de la población para dicha periodo.

Tabla 2. Evolución demográfica en Palma del Río.

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Palma del Río	21.605	21.537	21.547	21.582	21.582	21.522	21.241	21.162

Fuente: Banco de datos SIMA (Sistema de Información Multiterritorial).

A continuación, se muestran los valores de la población de Palma del Río más representativos, procedentes del Sistema de Información Multiterritorial de Andalucía; obtenidos a través de la página web de la junta de Andalucía, Consejería de Economía y Hacienda, I.E.A.

❖ Población (Tabla 3)

Tabla 3. Población en Palma del Río.

Población total. 2017	21.241
Población. Hombres. 2017	10.531
Población. Mujeres. 2017	10.631
Población en núcleos. 2017	20.920
Población en diseminados. 2017	242
Porcentaje de población menor de 20 años. 2017	21,40

Porcentaje de población mayor de 65 años. 2017	16,53
Incremento relativo de la población en diez años. 2017	1,47
Número de extranjeros. 2017	1.132
Principal procedencia de los extranjeros residentes. 2017	Rumanía
Porcentaje que representa respecto total de extranjeros. 2017	67,40
Emigraciones. 2016	457
Inmigraciones. 2016	455
Nacimientos. 2016	171
Defunciones. 2016	191
Matrimonios de distinto sexo. 2016	100

Fuente: Banco de datos SIMA (Sistema de Información Multiterritorial).

❖ Economía sector agrario (Tablas 4 y 5)

Tabla 4. Cultivos herbáceos.

Cultivos herbáceos	
Superficie. 2015	3.158
Principal cultivo de regadío. 2015	Trigo
Principal cultivo de regadío: Has. 2015	1.245
Principal cultivo de secano. 2015	Trigo
Principal cultivo de secano: Has. 2015	1.913

Fuente: Banco de datos SIMA (Sistema de Información Multiterritorial).

Tabla 5. Cultivos leñosos.

Cultivos leñosos	
Superficie. 2015	5.835
Principal cultivo de regadío. 2015	Naranja
Principal cultivo de regadío: Has. 2015	3.656
Principal cultivo de secano. 2015	Olivar aceituna de aceite
Principal cultivo de secano: Has. 2015	290

Fuente: Banco de datos SIMA (Sistema de Información Multiterritorial).

❖ **Mercado de trabajo (Tabla 7)****Tabla 7. Mercado de trabajo.**

Paro registrado. Mujeres. 2017	908
Paro registrado. Hombres. 2017	706
Paro registrado. Extranjeros. 2017	160
Contratos registrados. Mujeres. 2017	10.849
Contratos registrados. Hombres. 2017	22.743
Contratos registrados. Indefinidos. 2017	350
Contratos registrados. Temporales. 2017	33.240
Contratos registrados. Extranjeros. 2017	3.879
Trabajadores eventuales agrarios subsidiados. Mujeres. 2017	815
Trabajadores eventuales agrarios subsidiados. Hombres. 2017	204

Fuente: Banco de datos SIMA (Sistema de Información Multiterritorial).

3.5.3. Vías Pecuarias

La Ley correspondiente a Vías Pecuarias es la 03/1995 de 23 de marzo, publicada en el BOE nº 71 de viernes, 24 de marzo de 1995. El Reglamento es el Decreto 155/1998 de 21 de julio, publicado en el BOJA nº 87, Sevilla, 4 de agosto de 1998. En dicha normativa se contempla que todas las afecciones a vías pecuarias serán comunicadas a la Delegación de Medio Ambiente para la obtención de la autorización pertinente.

En la zona próxima a la finca objeto de estudio se encuentra la siguiente vía:

- **Cañada de Córdoba a Sevilla:** tiene una anchura de 75 m. Su código es el 14049006. Esta vía está situada al sur de la parcela objeto del cambio de características. Se localiza concretamente en el límite suroeste de la finca y es colindante con la superficie de olivar actualmente en secano y que se pretende convertir a regadío. Dicha vía no se ve afectada por el cambio puesto que solo se trata de la instalación del sistema de riego aprovechando las infraestructuras existentes y las nuevas tuberías de distribución no afectan a la misma.

En el plano N° EIA.1 “*Vías Pecuarias*”, adjunto al presente anejo, se puede ver la situación de estas vías pecuarias con respecto a la finca “Las Mercedes”. Como se observa en dicho plano, Ninguna instalación afecta a esta vía pecuaria.

❖ Hábitats de Interés Comunitario (HIC’s)

La Directiva 92/43/CEE Hábitat, en su Anexo I (tipos de hábitat naturales de interés comunitario) ofrece indicaciones sobre los tipos de hábitat cuya conservación requiere la designación de zonas especiales de conservación. Algunos de ellos se definen como tipos de hábitat «prioritarios» (en peligro de desaparición).

Tal y como se puede apreciar en el plano N° 2, la zona de estudio se encuentra rodeada por Hábitats de Interés Comunitario sin llegar a afectarlos. La modernización del regadío afecta a espacios agrícolas ya existentes, no a terrenos forestales, por lo que se estima no afectación a ningún hábitat de interés comunitario.

❖ Lugares de Importancia Comunitaria (LIC’s) y Zonas de Especial Conservación (ZEC’s)

El objeto de la Directiva 92/43/CEE Hábitats es el de crear una red de Zonas de Especial Conservación (ZEC), que garantice la biodiversidad de los hábitats naturales y de la flora y fauna silvestres del territorio de la Unión Europea, así como obligar a los Estados Miembros a tomar medidas para su conservación. Previos a las ZEC, los estados miembros designan unos Lugares de Interés Comunitario (LIC) que, posteriormente y por medio de un decreto ministerial, pasarán a denominarse ZEC.

La actuación no afecta a ningún LIC o ZEC, siendo los más cercanos:

- Al norte se encuentra: Parque Natural de las Sierras de Hornachuelos, Guadiato-Bembézar, Sierra Norte de Sevilla, Venta de las Navas, Barrancos del Río Retornillo y Minas el Galayo y la Jabata.
- Al noreste de la finca de estudio: Tramo Medio del Río Guadalquivir.

En el plano N° EIA.3 “Lugares de Interés Comunitario”, se puede apreciar la localización de estos espacios en las zonas próximas a la de estudio.

❖ Zonas de Especial Conservación para las Aves (ZEPA's)

Según la Directiva 79/409/CEE, del 2 de abril, relativa a la conservación de las aves silvestres; las Comunidades Autónomas españolas han delimitado y declarado Zonas de especial protección para las aves (ZEPA) a partir de áreas que en cada región se consideran importantes para las aves denominadas IBA (Inventory of Important Bird Areas in the European Community). La Directiva Aves obliga a todos los Estados miembros de la Unión Europea a clasificar como Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA) los territorios más adecuados en número y superficie para la conservación de las especies de aves incluidas en el Anexo I de dicha Directiva (175 especies).

La actuación no afecta a ningún espacio catalogado como ZEPA (Zona de Especial Protección para las Aves), siendo las más cercana también, los Parques Naturales de las Sierras Hornachuelos y la Sierra Norte de Sevilla. En el plano N°EIA. 4 “*Zonas de Especial Protección para Aves*”, se puede apreciar la localización de estos espacios en las zonas próximas a la de estudio.

3.5.4. *Espacios Naturales. Red Natura 2000*

❖ Espacios Naturales Protegidos (EE.NN.PP.)

La zona de estudio no se encuentra dentro del perímetro de ningún Espacio Natural Protegido. Más alejados de esta zona se encuentra, como espacio más importante, el Parque Natural de las Sierras de Hornachuelos, con una extensión de 60.032 ha. También próxima, se localiza el Parque Natural de la Sierra Norte de Sevilla y los Parques Periurbanos “La Sierrezuela” y “Los Cabezos”.

En el plano N°EIA.5 “*Espacios Naturales Protegidos*” se puede visualizar la localización de estos espacios con respecto a la zona de estudio.

❖ Zonas de Importancia para las Aves Esteparias (ZIAE'S)

El diseño de la Red de Espacios Naturales Protegidos deja fuera muchas de las zonas más importantes para la conservación de las aves, en concreto las aves esteparias. La

Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía publicó en el año 2006 un Manual de Conservación que recoge un total de 23 espacios ampliamente repartidos por la geografía andaluza, denominados Zonas Importantes para las aves Esteparias de Andalucía.

La actuación de mejora de regadío proyectada no afecta a ningún espacio catalogado como ZIAE, siendo las más cercanas la ZIAE 6 “Campiñas de Osuna-Écija”, en Sevilla, y la ZIAE 10 “Llanuras del Alto Guadiato”, al norte de Córdoba.

En el plano N°EIA. 6 “*Zonas de Importancia para las Aves Esteparias y Áreas de Importancia para las Aves*”, se puede apreciar la localización de estos espacios en las zonas próximas a la de estudio.

❖ Áreas de Importancia para las Aves (IBA's)

Como ha quedado expuesto en el apartado anterior, las Comunidades Autónomas españolas han delimitado y declarado Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA) a partir de áreas que en cada región se consideran importantes para las aves (IBA). La actuación prevista no afecta a ningún espacio catalogado como IBA, tal y como se aprecia en el plano N° EIA. 6 “*Zonas de Importancia para las Aves Esteparias y Áreas de Importancia para las Aves*”.

4. IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE IMPACTOS

Una vez conocida la actuación objeto de estudio, así como las características del territorio sobre el que se asienta, se procede a identificar y valorar los impactos producidos por la actuación.

4.1. Metodología

En primer lugar y con objeto de garantizar la coherencia del documento final, es muy importante que la metodología de evaluación de impactos sea capaz de establecer de una forma clara el proceso de valoración de los impactos que las distintas acciones de la actuación causarán en cada ámbito territorial afectado y sobre cada uno de los aspectos del medio analizados. Con este objetivo se diseña la metodología que se incluye a continuación.

Definiciones

Teniendo en cuenta estas consideraciones y, como paso previo al desarrollo de la metodología, se ha considerado importante definir o aclarar algunos conceptos como son:

- **Acción (causante de impacto):** toda aquella intervención prevista en la actuación objeto de evaluación y que es susceptible de introducir un cambio perceptible en el entorno en el que se desarrolla.
 - **Aspecto del medio:** se denominan así los distintos componentes del territorio que son susceptibles de verse alterados de forma directa o indirecta. En el apartado de Estudio y Análisis Ambiental se realiza una descripción de los mismos.
 - **Efecto:** es el cambio introducido en un “aspecto” como consecuencia de una “acción”. Puede tratarse de un cambio “medible” en términos cuantitativos y de forma objetiva (en cuyo caso su valoración y comparación se ven facilitadas), aunque lo más común es que se prevean modificaciones cuya magnitud será difícil de precisar. Estos “efectos” serán objeto de caracterización de acuerdo con las definiciones recogidas en el apartado correspondiente.
 - **Impacto:** el término impacto se va a utilizar en este caso para definir la modificación final que se produce en los diferentes aspectos del medio. El impacto se puede producir como consecuencia de un conjunto de efectos, o por un único efecto. Este “Impacto” se valorará siguiendo los criterios establecidos en la presente metodología (que respeta las categorías establecidas en la legislación vigente). Para valorar el “impacto” se tendrá en cuenta la magnitud de los distintos efectos que se producen sobre cada aspecto del medio.
- a) **IMPACTO COMPATIBLE:** Aquel cuya reversibilidad es inmediata tras el cese de la actividad y no precisa prácticas protectoras o correctoras, o las precisa de pequeña entidad. También se incluyen aquellos que provocan la pérdida de factores ambientales que no conllevan un cambio en el valor ambiental del entorno.

- b) IMPACTO MODERADO:** Aquel cuya recuperación no precisa prácticas protectoras o correctoras demasiado intensivas y en el que la consecución de las condiciones ambientales iniciales requiere cierto tiempo. También se incluyen aquellos que ocasionan un cambio perceptible en el valor ambiental del conjunto.
- c) IMPACTO SEVERO:** Aquel en el que la recuperación de las condiciones del medio exige la adecuación de medidas protectoras o correctoras y en el que, aun con esas medidas, aquella recuperación precisa un periodo de tiempo dilatado. Asimismo se incluyen aquellos que ocasionan la pérdida de un valor ambiental notable en el conjunto.
- d) IMPACTO CRÍTICO:** Aquel cuya magnitud es superior al umbral aceptable. Con él se produce una pérdida permanente de la calidad de las condiciones ambientales, sin posible recuperación, incluso con la adopción de medidas protectoras o correctoras.
- e) IMPACTO BENEFICIOSO:** Impacto positivo cuyos efectos sobre el medio son cuantificables en algún tipo de unidad y suponen una mejora del medio físico o socioeconómico tangible a corto o medio plazo.

Estas categorías se pueden utilizar de forma combinada en caso de que se considere oportuno, pudiendo aparecer por lo tanto impactos que sean, por ejemplo “COMPATIBLE –MODERADO”.

Esquema de actuación

El esquema seguido en este estudio para la evaluación de los impactos ha sido el siguiente:

- Inventario ambiental, o estudio de las características del territorio por aspectos ambientales.
- Análisis de las actuaciones objeto de la evaluación de impacto, teniendo en cuenta la magnitud y el grado de definición de aquellas acciones más “agresivas” con el entorno.

- Descripción y caracterización de los efectos previstos, según definiciones recogidas en la normativa vigente y que se indican en el presente apartado. La descripción de los efectos comprende la definición del cambio producido en cada aspecto del medio como consecuencia de una acción concreta. La caracterización del mismo es un proceso recogido en la legislación vigente y cuya utilidad radica en la ampliación de la información relativa a un determinado efecto.
- Valoración del impacto producido sobre cada aspecto del medio para la fase de construcción y para la fase de explotación. El impacto se producirá como consecuencia de la coincidencia de uno o más efectos, a partir de cuya acción conjunta se produce. Por lo tanto, la valoración del mismo será función de los efectos producidos, su categoría y su caracterización.
- Propuesta de medidas protectoras y/o correctoras encaminadas a minimizar los impactos negativos previstos.

Criterios de caracterización

Los criterios de caracterización a utilizar son los siguientes:

- Naturaleza del impacto: refiriéndose al carácter negativo o positivo del efecto previsto. Se caracterizan como negativos aquellos que no tienen un claro efecto positivo.
- La magnitud, según el efecto sea mínimo o notable.
- La acción o tipo de incidencia de la actuación prevista según que ésta sea directa, o indirecta.
- La duración según permanezca el efecto o cese al terminar la acción que lo origina, dividiéndose en temporal y permanente.
- La recuperabilidad que indicará la posibilidad de recuperación de la zona afectada tras la incorporación de medidas correctoras, dividiendo los impactos en recuperables, difusos e irrecuperables.

4.2. Acciones impactantes

Teniendo en cuenta las características de las actuaciones proyectadas, a continuación se relacionan las acciones con más posibilidades de producir impactos en el ámbito del planeamiento:

a) Durante la fase de ejecución

Durante la construcción de las nuevas instalaciones necesarias se pueden producir una serie de efectos sobre el entorno, parte de los cuales tienen carácter temporal, si bien otros serán permanentes.

- Ocupación de suelo. Este efecto se inicia con la instalación de las tuberías en la nueva zona de riego así como con la construcción de la balsa de almacenamiento de agua y la nave de filtrado y bombeo. Habrá una ocupación temporal provocada por los materiales y maquinaria de obra.
- Movimientos de tierra, necesarios para las zanjas en las que se dispondrán las tuberías, así como para construcción de la balsa y la nave de bombeo y filtrado.
- Movimiento de maquinaria y personas. La maquinaria de obra implica riesgos de atropello, compactación del suelo y emisión de polvo y ruido.
- Necesidad de mano de obra. Todas las actuaciones requieren de personal para la realización de las mismas, además de provocar un incremento de la actividad comercial de la zona.
- Vertidos de restos vegetales, tierras, residuos de construcción, aceites y combustibles de la maquinaria. La prevención mediante métodos adecuados de tratamiento y la localización de puntos de recogida será un aspecto clave.

Estas acciones inciden sobre el suelo, eliminan la vegetación de la zona afectada y perjudican a la vegetación de zonas próximas, afectan a la fauna y empeoran la calidad del aire debido al polvo, ruido y gases que generan.

Por otro lado, se revegetará parte de la zona afectada y se generará empleo y actividad comercial relacionada con el uso de la maquinaria y de materiales de construcción.

b) Durante la fase de explotación

En esta fase, los efectos que se consideran son los siguientes:

- Ocupación de suelo como prolongación del efecto iniciado durante las obras, así como por las instalaciones existentes (nave de bombeo y filtrado y balsa de almacenamiento de agua).
- Ruidos. Por el ruido que provocan los vehículos que transitan por la finca para el mantenimiento de las instalaciones, así como el ruido provocado por los equipos de bombeo existentes en el pozo y en la estación de bombeo y filtrado.
- Generación de residuos característicos de la limpieza de los equipos de filtrado.

En materia de ruido, el Decreto 6/2012, de 17 de enero, aprueba el Reglamento de Protección contra la Contaminación Acústica en Andalucía.

Según el artículo 42 del Decreto 6/2012, los proyectos de actividades e instalaciones productoras de ruidos y vibraciones que generen niveles de presión sonora iguales o superiores a 70 dBA requerirán para su autorización la presentación de un estudio acústico realizado por personal técnico competente

En el caso que nos ocupa, las características técnicas de los equipos empleados arrojan valores de nivel de presión inferior a 70 dBA, según fabricante de los mismos, por lo que no aplica mayor justificación

No obstante, se ha de indicar que las instalaciones se adaptarán a la normativa vigente en cuanto a contaminación acústica, en cumplimiento de las Normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas (RD 1644/2008) para limitar los niveles de emisión al exterior e inmisión a colindantes, como son las siguientes:

- Las máquinas se instalarán con sus elementos de amortiguación (bancadas de inercia, elásticas o de hormigón, silentblocks y tacos de goma) que incorporan de fábrica para evitar vibraciones y ruidos, elementos éstos ya homologados al incluirse como

equipamiento de la propia máquina, siguiendo las premisas indicadas por los fabricantes de las mismas en sus catálogos técnicos y rigiéndose por la normativa vigente al respecto

- No se instalarán máquinas fijas sobre el suelo cuya potencia sea superior a 2 CV, sin exceder, además, de la suma total de 6 CV.
- En ningún caso se anclarán ni apoyarán máquinas en paredes ni pilares. Las máquinas distarán, como mínimo, 0,70 m de paredes medianeras.
- Todo elemento con órganos móviles se mantendrá en perfecto estado de conservación, principalmente en lo que se refiere a su equilibrio dinámico y estático, así como la suavidad de marcha de sus cojinetes o caminos de rodadura.

Por último, es preciso tener en consideración que todos y cada uno de los elementos contruidos, así como las acciones que llevan aparejadas, no son caprichosos, sino que cada uno de ellos resulta imprescindible para llevar a cabo el riego en la finca “Las Mercedes”, pudiendo concluirse, que su impacto socioeconómico es positivo e importante.

A continuación se recoge una relación de los principales impactos que se describen en los epígrafes siguientes, diferenciados según la fase en la cual tienen lugar:

❖ **En fase de ejecución:**

- **Impactos sobre las aguas:** por posible contaminación de las mismas provocada por vertidos accidentales.
- **Impactos sobre los suelos:** por la pérdida de suelos, debida la alteración de sus características fisicoquímicas (inertización), por la contaminación potencial provocada por vertidos ocasionales y por la erosión inducida en la apertura de zanjas.
- **Impactos sobre la vegetación y los hábitats:** por pérdida y deterioro de superficies con vegetación natural.
- **Impactos sobre la fauna:** por molestias generadas tanto por el incremento de la afluencia de vehículos y personas como por la afección al hábitat en la nidificación y en la alimentación.
- **Impactos sobre el paisaje:** por la actividad generada por las obras (movimientos de tierras, máquinas trabajando, etc.)

- **Impactos humanos y estéticos:** durante la fase de construcción, se produce una disminución de la calidad de vida de las personas que puedan vivir o trabajar en los alrededores del lugar donde se ubica la obra.

Además de estos impactos, también existen afecciones de escasa entidad en el medio atmosférico (generación de polvo y contaminantes gaseosos durante las obras) y aumento en el nivel sonoro habitual.

También debe citarse, como impacto positivo, el incremento en la actividad económica con efecto local.

❖ **En fase de explotación:**

Durante la fase de explotación, la tipología de impactos varía notablemente. Parte de los impactos presentes en la fase de ejecución desaparecen y los que permanecen reducen su intensidad.

En esta fase los impactos que se considerarán son:

- **Impacto sobre el medio acústico:** debido a los ruidos producidos por los vehículos que circulan por las instalaciones, así como por los equipos de bombeo existentes. Como en el caso anterior, la incidencia será mínima y menor que en la actualidad debido a que el mantenimiento necesario en las instalaciones será menor.
- **Impacto sobre los suelos:** todas las acciones llevadas a cabo durante la construcción de las infraestructuras inciden sobre el suelo alterándolo de forma completa. Sin embargo, posteriormente, durante la explotación, el recurso suelo no se ve afectado en la zona de las tuberías, puesto que se ha recuperado la parte superficial del mismo retomando su anterior uso. Sí se verá afectado el suelo ocupado por la balsa de almacenamiento de agua y la nave de bombeo y filtrado. No obstante, éstas se encontrarán integradas en el medio, procediéndose a una revegetación de los taludes de la balsa.
- **Impactos sobre las aguas:** el recurso agua es afectado por el uso que de la misma se realiza durante la fase de explotación.
- **Impactos sobre la vegetación:** puede afectar de distinta forma a la vegetación de las parcelas colindantes a los caminos por donde circulen los vehículos que se desplazan

por la parcela, debido a la generación de polvo, que puede afectar al normal desarrollo de especies vegetales localizadas en dichas parcelas.

- **Impactos sobre la fauna:** no se considera ninguna afección importante de las instalaciones sobre la fauna de la zona.
- **Impactos sobre el paisaje:** no se considera ninguna afección importante al paisaje puesto que las nuevas tuberías se encontrarán enterradas y las demás instalaciones se construirán de forma que sean lo menos visibles desde caminos y accesos y tengan el menor impacto visual.

A continuación, en la Tabla 3, se recoge un breve resumen de los componentes ambientales que se ven afectados por la ejecución y explotación de la obra proyectada.

Tabla 3. Componentes ambientales afectados por la ejecución y explotación de la obra proyectada.

SISTEMA	SUBSISTEMA	COMPONENTE AMBIENTAL
MEDIO FÍSICO	Medio inerte	Atmósfera
		Agua
		Tierra-suelo
	Medio biótico	Vegetación
		Fauna
		Paisaje
MEDIO SOCIOECONÓMICO	Medio sociocultural	Usos del territorio Humanos y estéticos
	Medio económico	Economía y población

Fuente: Elaboración propia.

4.2.1. Impactos sobre la atmósfera

El componente ambiental atmósfera se ve afectado por varias acciones impactantes que inciden sobre la calidad del aire debido a la generación de contaminantes. Son contaminantes del aire las sustancias y formas de energía que potencialmente pueden producir riesgo, daño o molestia grave a las personas, ecosistemas o bienes en determinadas circunstancias. Según su

naturaleza, podemos distinguir entre formas de energía (ruido) y sustancias químicas (contaminantes primarios: gases y partículas sólidas en suspensión y sedimentables).

El polvo suele sedimentarse con facilidad y con un tratamiento adecuado, que puede limitarse a riegos periódicos ligeros, el área afectada no se extenderá mucho del límite de las obras, teniendo una mayor importancia, si acaso, en la zona apuntada por la dirección y sentido del viento dominante.

Los gases desprendidos por la maquinaria se disipan en la atmósfera con rapidez, por lo que la zona afectada se limita a la obra y sus proximidades. Puede influir también el mismo factor anterior.

El ruido procede de la maquinaria y vehículos que circulen por la zona regable, así como por los equipos de bombeo necesarios para llevar a cabo el riego de la finca. Todas estas fuentes de ruido estarán localizadas en la finca objeto de estudio y, en todo caso, sus alrededores más próximos. Como en el caso anterior, la incidencia será mínima.

Así pues, el componente ambiental atmósfera se ve afectado en un entorno de la zona de estudio, aunque de forma desigual.

Por lo tanto, y en cuanto al impacto producido por la actuación sobre la atmósfera, el efecto más relevante es la emisión a la atmósfera de contaminantes, si bien ésta es de escasa envergadura. Se concluye que, de acuerdo con la metodología de evaluación empleada, el impacto se considera como **COMPATIBLE**, ya que al carácter de reversibilidad de las emisiones se añade la ausencia de cambios perceptibles en el entorno.

4.2.2. Impactos sobre las aguas

Existen unos riesgos de afección por vertidos accidentales que podrían afectar a la hidrología tanto superficial como subterránea, pero cuya probabilidad de ocurrencia es difícil de precisar y que puede ser fácilmente evitable con las medidas protectoras oportunas. Este efecto se considera negativo, mínimo, directo/indirecto (dependiendo del vertido), temporal y recuperable.

El componente ambiental agua se verá afectado por la acción de vertidos, afectando al recurso hídrico en las inmediaciones de la parcela de estudio. Los vertidos proceden fundamentalmente de aceites y otros líquidos de máquinas y camiones empleados durante la fase de obra y explotación.

Además, el recurso agua es afectado por el uso que de la misma se realice durante la fase de explotación. Se producirá un consumo de agua para el riego del olivar, quitándose para otros posibles aprovechamientos de la zona, aunque su uso y extracción se limitará a un almacenamiento y regulación de agua para riego de olivar.

De cara a establecer una valoración del impacto producido por la actuación sobre el sistema hidrológico se considera que, si bien no se va a producir un cambio sensible en el conjunto del territorio, sí se requiere la aplicación de unas medidas protectoras, por lo que el impacto se valora como **COMPATIBLE–MODERADO**.

4.2.3. Impactos sobre los suelos

El suelo en la zona objeto de estudio se ve afectado a través de dos mecanismos.

Las tuberías de la redde riego ocuparán el suelo de manera temporal, ya que cuando la fase de construcción termine y las tuberías sean colocadas, se procederá al tapado de la zanja con el mismo material extraído de la misma zona y, por tanto, se recuperará la parte de suelo, volviendo al uso que tenía anteriormente.

Por otra parte, los suelos pueden estar sometidos a un riesgo de contaminación como consecuencia de las actuaciones durante la fase de construcción, por las distintas actividades propias de las obras.

En cuanto a la construcción de la balsa de almacenamiento de agua y la nave de bombeo y filtrado, éstas supondrán una ocupación del suelo de forma permanente, siendo difícil su reversibilidad a su estado anterior.

En la fase de explotación, pueden producirse vertidos accidentales debido a los vehículos que circulen por las inmediaciones de las instalaciones de riego de la finca.

De cara a la valoración del impacto, teniendo en cuenta que la superficie afectada no es muy grande, cabe considerar el impacto como **COMPATIBLE-MODERADO**.

4.2.4. Impactos sobre la vegetación

La fase de construcción conlleva la eliminación de la cubierta vegetal agrícola de la zona donde se ubicarán las diferentes instalaciones proyectadas. También puede afectar de distinta forma a la vegetación de las parcelas colindantes, debido a la generación de polvo, que puede afectar al normal desarrollo de especies vegetales localizadas en dichas parcelas.

Además, determinadas superficies vegetales serán afectadas de forma temporal, como la zona de instalaciones de las nuevas tuberías. En este caso y, aunque igualmente la vegetación afectada carecerá de especial valor desde el punto de vista ecológico, el efecto tendrá carácter temporal y se deberán contemplar las medidas necesarias para proceder a la restauración de los terrenos afectados.

En cuanto a la vegetación retirada en la zona donde se ubicará la balsa, ésta tendrá un efecto permanente. Por ello, se deberán contemplar las medidas necesarias, tales como la revegetación de los taludes.

Por tanto, el área sujeta a impacto será la zona donde se localizan las nuevas instalaciones, ya que en esos puntos es donde se ha eliminado la cubierta vegetal.

De cara a la valoración del impacto se ha considerado el bajo valor natural de las comunidades vegetales afectadas, por lo que no se producirá un cambio en el valor del conjunto. En contraposición, no puede hablarse de una reversibilidad inmediata, ni por igual, tras el cese de la actividad, ya que la recuperación de las condiciones iniciales requeriría un cierto tiempo. De acuerdo con estas reflexiones y considerando las medidas necesarias para la mejora de la vegetación en la zona, el impacto se considera **COMPATIBLE-MODERADO**.

4.2.5. *Impactos sobre la fauna*

En el caso de la fauna, los efectos que pudieran tener lugar se iniciarán durante la fase de obras, haciéndose permanentes durante la fase de explotación.

El primer efecto a considerar, y que se inicia durante la fase de construcción, es la destrucción de hábitat faunístico asociado al despeje y desbroce de la vegetación y al movimiento de tierras que conlleva la construcción e instalación de las nuevas infraestructuras. En este caso, la zona de actuación se encuentra bastante antropizada y degradada, hasta el punto de hallarse sobre terrenos de cultivo y tierras de labor en las que la presencia del hombre es notable. Este hecho condiciona el valor de la comunidad faunística afectada.

A su vez, la presencia de maquinaria de obra y el tránsito de personas podría provocar la huida de especies asociadas a la vegetación de las zonas próximas a la de actuación. En efecto, el polvo, el ruido, las luces artificiales, los reflejos de superficies metálicas, el movimiento de las estructuras o el simple movimiento de vehículos o personas son situaciones que suelen ocasionar reacciones de huida por parte de los animales, especialmente en el caso de las aves y los mamíferos. El establecimiento de un foco sostenido de molestias de estas características acaba ocasionando una franja de exclusión a su alrededor, más o menos amplia y permanente según las especies implicadas.

La relevancia que puede tener el efecto de desplazamiento puede ser muy variable en función de las circunstancias que concurren en cada caso. A grandes rasgos, los principales elementos de juicio a tener en cuenta radicarían en el status de conservación de las especies afectadas, en la frecuencia de permanencia en un determinado lugar y en la relación entre la magnitud de la zona afectada y la disponibilidad total de hábitat existente.

Durante la fase de explotación, determinados efectos iniciados durante la fase de construcción, como la destrucción de hábitat, se convierten en permanentes dada la presencia a largo plazo de las instalaciones. Sin embargo, con la presencia del embalse, se habilita en la zona un humedal que puede ser aprovechado por algunas especies de aves, bien como hábitat permanente o bien como provisional durante los tránsitos migratorios.

Otros aspectos, como la huida de especies derivada del incremento de la presencia humana, pueden tener lugar de forma diferenciada en función de las características de las especies; así, las más ubicuistas pueden asumir la presencia de la instalación y adecuar su comportamiento a la misma, mientras que aquellos más sensibles se alejarán definitivamente de la zona de estudio.

De acuerdo con lo anteriormente expuesto, y de cara a la valoración global del impacto producido sobre la fauna, hay que considerar que los impactos detallados anteriormente requieren la aplicación de medidas protectoras y correctoras. Por todo ello, el impacto producido sobre la fauna se considera **COMPATIBLE**.

4.2.6. Impactos sobre el paisaje

De forma transitoria, el paisaje de la zona de estudio estará caracterizado por la actividad de construcción, con la correspondiente circulación de maquinaria y operarios, produciendo ruidos e interfiriendo en el paisaje. Esto provocará que desde los alrededores más próximos se vea claramente esta alteración del paisaje.

En la fase de explotación, una vez restituidas las parcelas tras enterrar las tuberías, apenas se habrá producido un cambio en el paisaje, exceptuando la nueva balsa de almacenamiento de agua y la nave proyectada. No obstante, se construirá ésta última de forma que no sea visible desde ningún camino exterior, minorizando así cualquier impacto visible.

Por tanto, el área afectada será la cuenca visual indicada con anterioridad.

Por otro lado, al margen de la mayor o menor incidencia visual del ámbito afectado por las instalaciones, hay que valorar la impresión que dicha observación produce en el espectador, que estará condicionada por el entorno en la que se enmarca la actuación prevista. Sin embargo, dado que la construcción refleja un paisaje agrícola de regadío, propio de la comarca, una vez terminada, las infraestructuras no serán perceptibles y por tanto, la posición del observador será bastante receptiva, no produciéndole una predisposición negativa el nuevo uso.

Por todos estos aspectos, este efecto se considera negativo, mínimo, directo, permanente e irreversible (mientras dure la explotación de las instalaciones), considerándose el impacto como **MODERADO-COMPATIBLE**, ya que todas las instalaciones han ocasionado un cambio perceptible en el valor ambiental del conjunto.

4.2.7. Impactos sobre socioeconomía y población

Dentro de este apartado se abordan los principales efectos que puedan tener lugar a consecuencia de la actuación sobre la población de los municipios afectados, así como de su entorno cercano.

Cabe señalar que los principales efectos negativos sobre el medio socioeconómico tienen lugar durante la fase de construcción, ya que globalmente se considera que la actuación genera repercusiones positivas para la población afectada y su sistema económico.

A continuación, se analizan los principales efectos potencialmente derivados de la actuación para la población de la zona.

4.2.7.1. Confort ambiental

Durante la fase de construcción de las instalaciones, se ocasionan una serie de molestias de mayor o menor magnitud en la zona. Entre éstas, cabe reseñar el incremento de los niveles de ruido existentes a consecuencia de acciones tales como: tránsito de maquinaria, excavaciones, movimientos de tierras, etc.

Este efecto ya se ha considerado en el apartado de atmósfera, si bien cabe hacer hincapié en que la zona habitada de este entorno más cercana al área de actuación se sitúa suficientemente alejada del punto donde tendrán lugar los impactos sobre el confort ambiental.

4.2.7.2. Creación de puestos de trabajo

En una primera aproximación, se puede asegurar que se producirá un aumento del empleo temporal, provocado por las actividades propias de la fase de construcción, afectando

principalmente a los núcleos urbanos próximos a la zona regable. Esto permitirá mejorar el nivel de rentas en estos núcleos. Además, se generarán ingresos para la economía local derivados de la concesión de licencias y permisos necesarios para la ejecución completa de las obras, de la contratación de maquinaria y del consumo de materiales de construcción.

En ese caso, las áreas afectadas son, como mínimo, los núcleos más próximos a la zona de estudio, aunque esta área puede extenderse también a otras localidades más lejanas.

En su conjunto, la generación de empleo en la zona se considera un efecto positivo, directo y temporal durante la fase de ejecución. Globalmente, se considera que la actuación analizada producirá un impacto de carácter positivo **BENEFICIOSO** sobre la población de la zona.

4.2.8. Impactos sobre el patrimonio histórico.

No se tiene constancia de aparición de restos arqueológicos en la zona donde se han proyectado las instalaciones de riego.

5. MEDIDAS PREVISTAS PARA REDUCIR, ELIMINAR O COMPENSAR LOS EFECTOS AMBIENTALES SIGNIFICATIVOS

La puesta en marcha de las medidas correctoras permite disminuir el impacto desde niveles que pueden comprometer la viabilidad ambiental del proyecto hasta alcanzar el umbral que lo haga compatible. Dentro de estas medidas se intentará dar mayor relevancia a las preventivas respecto a las correctoras y a éstas respecto a las compensatorias, por su decreciente grado de efectividad.

5.1. Medidas a aplicar en la fase de construcción

5.1.1. Protección de la calidad del aire

En esta fase, las principales acciones contaminantes son las debidas al movimiento de maquinaria, actividades extractivas, transporte de materiales más o menos pulverulentos, etc.

Por lo tanto, las medidas a aplicar se refieren a la adecuada gestión del funcionamiento de la maquinaria, siendo las siguientes:

- Con el fin de reducir las emisiones de polvo generadas por el tránsito de maquinaria por los distintos caminos de obra, se procederá al riego de éstos. Este riego se realizará con camión cisterna o similar, en todo momento en que las condiciones ambientales lo exijan y de manera obligatoria durante los meses más secos (mayo a septiembre).
- Los camiones de transporte de material dispondrán de toldos ajustables que eviten tanto la pérdida de material como la formación de polvo.
- Se deberá reducir, en la medida de lo posible, la velocidad de los vehículos para evitar el levantamiento de grandes cantidades de polvo.
- Todos los camiones y maquinaria de obra deberán poseer los certificados de haber pasado las revisiones que indica la legislación, en lo referente a emisiones de CO, NOx, HC, PB, etc.
- Utilizar combustibles de bajo poder contaminante, como propano, butano y gasolinas sin plomo.

5.1.2. *Protección y reposición de los suelos*

Previamente a la redacción del correspondiente proyecto, se ha realizado un estudio geotécnico (Anejo III. “*Estudio Geotécnico*”) que ha permitido definir con exactitud la composición y las características resistentes de estos terrenos, a fin de soportar las técnicas constructivas idóneas. El citado estudio geotécnico contempla además los correspondientes ensayos in situ (calicatas y ensayos estándar de penetración SPT) y de laboratorio (análisis granulométrico, límites de Atterberg. Ensayo CBR, ensayos de compresión simple, ensayos Proctor, etc.).

Con el fin de reducir la ocupación de suelo a la estricta necesaria para la realización de las obras y para la posterior implantación de las instalaciones, se delimitará claramente la superficie a ocupar. Con ello se pretende restringir los movimientos de maquinaria y personas, evitando la afección a zonas próximas que, a priori, no deberían verse afectadas.

Por otra parte, aquellas zonas que vayan a ser ocupadas con carácter temporal, deberán ser adecuadamente acondicionadas una vez finalizadas las obras. Este acondicionamiento incluye la reposición de los suelos, para lo cual se seguirán las siguientes pautas:

- Extracción y acopio de la tierra vegetal de las superficies a ocupar temporalmente para su posterior utilización en las labores de restauración.
- Mantenimiento de la tierra vegetal en las condiciones apropiadas que permitan la conservación de sus propiedades.
- Extendido de tierra vegetal en las superficies acondicionadas tras la finalización de las obras.

Al acabar la fase de construcción no debe quedar rastro de las obras, ya sean escombros, áridos o restos de material. Para la retirada de los aceites usados y líquidos de frenos se llevará a un gestor autorizado por la Junta de Andalucía.

En caso de derrames accidentales, el suelo contaminado se pondrá a disposición de un gestor autorizado.

5.1.3. Protección de la calidad del agua y cursos fluviales

Para evitar posibles episodios de contaminación durante la fase de construcción, queda prohibido el cambio de aceite y lubricantes de la maquinaria que se emplee en las obras, así como de cualquier otro tipo de productos o materiales incluidos en el catálogo de Residuos Peligrosos que establece la ley.

Así mismo, Ubicación de los parques de maquinaria lejos de los puntos de agua. En este caso, la red hidrológica superficial es la más frágil y por tanto, las máquinas, una vez finalizadas las tareas diarias, serán ubicadas en áreas destinadas para tal uso con cerramiento adecuado y vigilando diariamente la posible presencia de manchas sobre el terreno.

5.1.4. Gestión de residuos de obra.

Durante la fase de construcción, se dispondrá de un sistema que garantice la adecuada gestión de los residuos y desechos, tanto líquidos como sólidos, generados como

consecuencia de la ejecución de las obras, con el fin de evitar la contaminación de los suelos y de las aguas superficiales o subterráneas.

La gestión de estos residuos se realizará de acuerdo con lo dispuesto en la legislación vigente en esta materia a escala nacional, autonómica y municipal, relativa a la gestión de residuos.

Cabe considerar tres tipos de residuos a gestionar:

- Residuos peligrosos y que por lo tanto, han de ser tratados por un gestor autorizado. Fundamentalmente son aceites usados.
- Residuos asimilables a urbanos en los campamentos de obra.
- Residuos inertes de obra.

- **Gestión de aceites usados**

Debido a los necesarios cambios de aceite y lubricantes empleados en los motores de combustión y en los sistemas de transmisión de la maquinaria de obras, el contratista adjudicatario de las obras se convertirá en productor de residuos tóxicos y peligrosos, debiendo gestionar correctamente dichos residuos.

Los aceites deben almacenarse correctamente, evitando las mezclas con agua o con otros residuos no oleaginosos y utilizando instalaciones que permitan la conservación de los aceites usados hasta su recogida y gestión y que sean accesibles a los vehículos encargados de recogerlos. Deben contemplarse dispositivos que garanticen el control de posibles fugas o vertidos accidentales.

Los aceites usados se entregarán a un gestor autorizado para la recogida o bien serán recogidos por el contratista quien, contando también con la debida autorización, los llevará hasta la planta de tratamiento designada por la comunidad autónoma.

En caso de vertido accidental de este tipo de residuos, se procederá a la retirada inmediata de los materiales vertidos y tierras contaminadas, a su almacenamiento y eliminación controlada de acuerdo con la naturaleza del vertido a través de gestor autorizado.

Una vez retirada la fuente de contaminación, se establecerá un procedimiento para comprobar que la contaminación residual no resulta peligrosa para los usos que tiene el suelo en las proximidades de la zona afectada, diseñando las medidas correctoras que sean necesarias para reducir los niveles de contaminación a niveles admisibles.

- **Residuos asimilables a urbanos**

Los residuos asimilables a urbanos o los residuos sólidos urbanos (RSU) se generan por la presencia del personal adscrito a la obra en los campamentos de obra.

Los RSU comprenden residuos, en general, de todos aquellos envases y embalajes (metal, madera, cartón, papel, plástico) de los suministros para la obra.

Se almacenarán y gestionarán de acuerdo con lo establecido en la normativa vigente. La gestión de los residuos sólidos urbanos comprende las fases de selección en origen, recogida, transporte y tratamiento. Es una gestión de competencia municipal y se ejerce de forma directa o indirecta por un gestor autorizado, por lo que los contratistas deberán concertar la forma y lugares de presentación de los residuos con los gestores autorizados.

- **Excedentes de obra**

Se trata fundamentalmente de tierras y rocas sobrantes de la obra, que aunque se prevé que serán mínimos o nulos. Éstos podrán ser extendidos en los mismos terrenos de la finca. Si hiciera falta acudir a vertedero, éste deberá tener la capacidad suficiente para albergar todos los excedentes, asimilados como “residuos no peligrosos”.

5.1.5. Medidas de protección de la fauna.

5.1.5.1. Minimización general de las molestias a la fauna

La ejecución de un proyecto de las características del evaluado ha de comportar, de forma absolutamente inevitable, un cierto volumen de molestias de diversa índole para los animales residentes. Siendo consciente de este hecho, hay que tratar de reducir al mínimo indispensable las secuelas de carácter más difuso sobre las comunidades faunísticas.

El abanico de posibilidades para actuar en la dirección indicada es relativamente amplio. No obstante, y, como primera aproximación, cabe recoger las siguientes medidas:

- Restringir, en la medida de lo posible, la realización de trabajos nocturnos que requieran de la utilización de potentes iluminaciones.
- Controlar la difusión de polvo que, generado en el ámbito de la obra, pueda trascender a los hábitats de interés faunístico circundantes.
- Realización de los trabajos pesados fuera de la época de cría de las especies silvestres sensibles a la presencia humana.

5.1.5.2. Prevención de la contaminación

A pesar de no tratarse de unas instalaciones especialmente susceptibles de generar episodios de contaminación graves, tanto en su construcción como durante su explotación, es preciso adoptar todas las medidas posibles para evitar cualquier problema de vertidos o de contaminación difusa. Al margen de otras connotaciones propias de las incidencias en este campo (salud pública, daños económicos, etc.), cabe valorar también la repercusión que pueden tener sobre las comunidades faunísticas más directamente vinculadas al medio acuático.

5.1.6. *Medidas de protección de la vegetación*

En las zonas en las que se elimine vegetación para apertura de zanjas para la instalación de tuberías y la construcción de las diferentes infraestructuras, se procederá a recuperar la cubierta vegetal con densidad y composición específicas similares a las existentes en los alrededores de la zona a restaurar.

5.1.7. *Medidas de protección del paisaje*

Las tuberías instaladas, al ser enterradas bajo el terreno, no necesitarán de medidas de corrección al no producir impactos visuales de consideración. La nueva nave de bombeo y filtrado se sitúa lejos de caminos y accesos, por lo que su impacto visual será lo más leve posible. Así mismo, la balsa de almacenamiento de agua se encontrará integrada en el medio mediante una revegetación de los taludes y la instalación de 6 islas artificiales flotantes.

5.1.8. Contratación de mano de obra local

Durante la fase de obras, se promoverá en la medida de lo posible, la contratación de mano de obra local, con vistas a conseguir que la población de la zona se vea compensada por los inconvenientes derivados de las mismas.

Así mismo, se favorecerá la utilización, como soporte de las instalaciones de obra, de servicios proporcionados por la población de los municipios vecinos.

5.2. Medidas a aplicar en la fase de explotación

Las posibles medidas relativas a la fase de explotación son prácticamente coincidentes con las que se pueden tomar en cualquier otro regadío, ya sea nuevo o histórico.

5.2.1. Protección de la atmósfera

Las principales acciones contaminantes son las debidas al movimiento de maquinaria y vehículos por la zona regable. Por lo tanto, las medidas a aplicar se refieren a la adecuada gestión del funcionamiento de la maquinaria, siendo las siguientes:

- Se deberá reducir, en la medida de lo posible, la velocidad de los vehículos para evitar el levantamiento de grandes cantidades de polvo.
- Todos los camiones y maquinaria agrícola deberán poseer los certificados de haber pasado las revisiones que indica la legislación, en lo referente a emisiones de CO, NO_x, HC, PB, etc.
- Utilizar combustibles de bajo poder contaminante, como propano, butano y gasolinas sin plomo.

5.2.2. Protección y reposición de los suelos

Conviene realizar tareas de mantenimiento de las instalaciones para que todas ellas funcionen correctamente. En caso de derrames accidentales, el suelo contaminado se pondrá a disposición de un gestor autorizado.

5.2.3. Protección de la calidad del agua y cursos fluviales

Aplicación de los códigos de buenas prácticas agrarias en todo lo referente a la contaminación difusa, en especial al abonado nitrogenado.

Además, se establecerá un punto limpio donde se recojan los envases de fitosanitarios, para evitar la contaminación de las aguas.

5.2.4. Protección de la fauna

Para evitar el acceso en la medida de lo posible de la fauna al embalse, se dispone de un vallado perimetral formado por una cerca metálica, integrado por tubo galvanizado y malla metálica galvanizada de simple torsión de 50x50 mm de luz. Se vigilará el correcto estado de este vallado para que cumpla su función.

Se realizará un control de la dosis y del momento de fumigación con pesticidas en áreas de fauna sensible. En este caso no existe ningún área donde haya fauna sensible, si bien, se tendrá mucho cuidado a la hora de aplicarlos en cuanto a modo de empleo y dosis.

Se establecerá un punto limpio donde se recojan los envases de fitosanitarios, para evitar las intoxicaciones de animales.

5.2.5. Protección de la socioeconomía

Se llevará a cabo la mecanización, en lo posible, de las tareas para la mejora ergonómica del trabajo del regante. Esto permite al regante compatibilizar su horario laboral con otras actividades como pueda ser la formación técnica.

Se fomentarán los cursos de formación en las técnicas de riego y en sus aspectos ambientales. La colaboración de la Administración agraria competente y la existencia de personal técnico adecuado, es clave para prevenir problemas por el mal uso.

Durante la explotación, se promoverá, en la medida de lo posible, la contratación de mano de obra local, con vistas a conseguir que la población de la zona se vea compensada por los inconvenientes derivados de la misma.

Así mismo, se favorecerá la utilización de servicios proporcionados por la población de los municipios vecinos.

6. PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL

Existe una responsabilidad de la puesta en marcha de las medidas contempladas en la documentación ambiental una vez aprobada la Resolución Ambiental y su incorporación corresponde al promotor de la actividad. La empresa contratada para la puesta en marcha de la transformación se encargará de que estas medidas, así como las acciones de seguimiento ambiental, se incorporen a los proyectos de obra.

El Programa de Vigilancia Ambiental, en adelante PVA, tiene como objetivo principal asegurar que la realización del proyecto se ejecute de una forma ambiental adecuada. Para ello, además de controlar el cumplimiento de las medidas preventivas y correctoras propuestas en la Declaración de Impacto Ambiental y las referidas en el Estudio Medioambiental del Proyecto, esto nos facilita:

- Controlar el progreso de las medidas adoptadas y, si estas no son satisfactorias, aplicar medidas correctivas para subsanarlas.
- Establecer el tipo y la frecuencia de los controles.
- Localizar durante el desarrollo de las obras afecciones no previstas en la Declaración de Impacto Ambiental o en el Estudio Medioambiental del Proyecto de Ejecución, y aplicar las medidas adecuadas para evitarlas o minimizarlas.

6.1. Definición de los objetivos de control y medidas correctoras y protectoras a aplicar

Según los distintos sistemas afectados, tanto durante la ejecución de las obras, como una vez que se proceda a la explotación, los objetivos de control serán los siguientes:

6.1.1. *Protección de la atmósfera*

6.1.1.1. Control de emisión de contaminantes.

- Objetivo: Controlar las emisiones a la atmósfera de polvo y gases.
- Acciones:
 - Se deberá reducir, en la medida de lo posible, la velocidad de los vehículos para evitar el levantamiento de grandes cantidades de polvo.
 - Se realizarán inspecciones periódicas de los vehículos de la finca para comprobar que los niveles de emisiones son correctos.
 - Durante la realización de las obras se procederá a realizar riegos sistemáticos, tanto en los caminos de acceso como en las zonas de actuación, con la frecuencia adecuada para evitar estas emisiones.
- Periodicidad del control: Control periódico.
- Competencia: Responsable PVA / Responsable de la finca.

6.1.1.2. Control de emisión de ruidos, humos y gases

- Objetivo: Cumplir lo establecido en el Decreto 6/2012, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de Protección contra la Contaminación Acústica en Andalucía.
- Acciones:
 - Se comprobará que la maquinaria a utilizar en las obras, estará homologada según el R.D. 245/1989, de 27 de febrero, que regula los niveles de emisión de ruidos de la maquinaria de obra. Además dicha maquinaria cumplirá estrictamente la Directiva 86/662/CEE y Real Decreto 212/2002, de 22 de Febrero, por el que se regulan las emisiones sonoras en el entorno.
 - Se realizarán revisiones periódicas de la maquinaria, comprobándose el empleo de silenciadores homologados y el paso por la Inspección Técnica de Vehículos en los plazos reglamentarios.
 - Los horarios de trabajo se ajustarán al horario convencional de jornada laboral para evitar molestias a la población. No obstante, debido a que las obras se realizan bastante alejadas de los núcleos de población, este tipo de molestias están descartadas.

- Periodicidad del control: Control periódico.
- Competencia: Responsable PVA / Responsable de la finca.

6.1.2. *Protección de las aguas*

- Objetivo: Proteger el estado de las aguas frente a agentes contaminantes, así como controlar el volumen de agua que se extrae para riego.
- Acciones:
 - Los productos empleados en la fertirrigación se aplicarán en dosis adecuadas con el fin de evitar la contaminación del suelo y de acuíferos por lixiviación. Teniendo en cuenta que las dosis que se aplicarán serán muy bajas, no se considera posible que pudieran llegar restos de abonos a los cursos de agua superficiales.
 - Se llevará a cabo un plan de abonado en el que se dosificarán los fertilizantes de forma adecuada, añadiendo pequeñas dosis de fertilizantes en un período prolongado de tiempo, de manera que no se produzca el lixiviado de sus compuestos.
 - Se prohibirá taxativamente el empleo de insecticidas mezclados en el agua de riego.
 - Promover la utilización de abonados orgánicos y fomentar la agricultura ecológica.
 - Creación de un punto limpio para depositar los envases de los productos fertilizantes para su posterior retirada por gestor autorizado.
 - Se realizará un control en la cantidad de agua a extraer para el regadío. Mediante el contador volumétrico instalado, se tendrán controlados, en todo momento, los caudales extraídos, tal y como establece la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir.
- Periodicidad del control:
 - El control del abonado se realizará en las épocas de aplicación del mismo.
 - Se realizará un control mensual de la cantidad de agua que se extrae para el regadío.
- Competencia: Responsable PVA.

6.1.3. *Protección del suelo*

- Objetivo: Reducir la afección negativa a la calidad ambiental del suelo.
- Acciones: En el caso de que se produzca el vertido accidental de cualquier sustancia contaminante, se procederá a su inmediata retirada junto con el suelo contaminado y a su almacenamiento en zona impermeabilizada hasta su retirada por gestor autorizado.
- Periodicidad del control: Control periódico durante la ejecución y la explotación.
- Competencia: Responsable PVA.

6.1.4. *Protección de la flora*

- Objetivo: Control de la vegetación en la aplicación de productos fitosanitarios.
- Acciones:
 - En la aplicación de los productos fitosanitarios se seguirán las recomendaciones del Código de Buenas Prácticas Agrarias aprobado por la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía.
 - Respecto a los productos fitosanitarios se llevará un control para la reducción de las aplicaciones, cantidades y toxicidad.
 - En aquellos tratamientos que no se realicen mediante fertirrigación, que serán los aplicados directamente, se evitará aplicar sobre vegetación existente en lindes, riberas de cauces ni zonas de carácter forestal, aunque se indica que en la zona donde se ubica la comunidad de regantes no existen zonas de carácter forestal.
- Periodicidad del control: Control e inspección en época de tratamiento.
- Competencia: Responsable PVA.

6.1.5. *Vigilancia de la Protección de la Fauna*

- Objetivo:
 - Comprobar la Influencia que las Instalaciones de Riego y el cambio de cultivo tienen sobre la fauna de la zona.

- Garantizar el mínimo impacto de la actividad sobre la fauna terrestre y la avifauna asociada al ámbito de actuación.
- Evitar la destrucción de nidadas, camadas o puestas durante las obras y tareas en la explotación.
- Acciones:
 - Se realizará un control y seguimiento de la fauna presente en la zona de estudio, evaluando las posibles zonas de cría, campeo o alimentación.
 - Mayor precaución a la hora de realizar la actividad durante los meses de cría.
 - Para evitar el acceso, en la medida de lo posible, de la fauna al embalse, sobre el vallado perimetral colocado en el exterior de las mismas, se realizará un mantenimiento periódico para que esté en perfectas condiciones.
- Periodicidad del control:
 - Inspección y seguimiento trimestral de la fauna presente en la zona durante la ejecución de las obras.
 - Vigilancia en época de cría.
- Competencia: Responsable PVA.

6.1.6. Restauración ambiental y protección del paisaje

- Objetivo:
 - Restauración a su estado original de los viales y accesos preexistentes utilizados durante las obras.
 - Restauración a su estado original en las zonas de implantación de tuberías.
 - Minimizar el movimiento de tierras necesario.
- Acciones:
 - Los accesos que se utilizarán durante la realización de las obras serán caminos ya existentes. Tras finalizar las obras, estos caminos serán arreglados hasta quedarse tal como estaban en su estado original o incluso en mejores condiciones.
 - Las zanjas donde se instalarán las tuberías serán tapadas con la tierra sacada previamente de las mismas, dejándose el nivel del suelo tal y como estaba

antes de la apertura de las zanjás. La totalidad de las tuberías se instalarán en zonas de cultivo, por lo que no será necesario revegetar.

- El suelo fértil resultante de la apertura de zanjás se utilizará nuevamente para cubrir las zanjás una vez instaladas las tuberías.
- Periodicidad del control: Al final de las obras se hará una inspección para comprobar la ejecución de estas medidas de restauración.
- Competencia: Responsable PVA.

6.1.7. Protección patrimonial y medio social

- Objetivo: Protección del patrimonio ante la posibilidad de aparición de restos históricos.
- Acciones: En el espacio en el que se van a desarrollar las obras del presente proyecto, no se tiene constancia de la presencia de ningún resto arqueológico. No obstante, en caso de que apareciera cualquier tipo de restos arqueológicos durante la realización de las obras, se comunicaría inmediatamente a la Delegación Territorial de la Consejería de Cultura. Para ello, se hará un seguimiento visual de todas las excavaciones que se realicen.
- Periodicidad del control: Durante todas las excavaciones que se lleven a cabo.
- Competencia: Responsable PVA.

6.2. Informes de seguimiento medioambiental

6.2.1. Fase de construcción

Al finalizar las obras, se realizará un informe de seguimiento de la realización de todas las medidas propuestas en la fase de construcción. Se valorará el grado de cumplimiento de las mismas y se establecerá la necesidad de repetir alguna de las medidas si no se hubiesen alcanzado los objetivos propuestos.

6.2.2. *Fase de explotación*

En la fase de explotación, los informes se harán siempre que concurra alguna circunstancia especial en las condiciones normales de explotación de las instalaciones, como pudiera ser:

- Contaminación de suelos o red hidrológica por derrames accidentales de líquidos contaminantes.
- Deterioro de las zonas restauradas o revegetadas.
- Afección a la fauna de la zona.

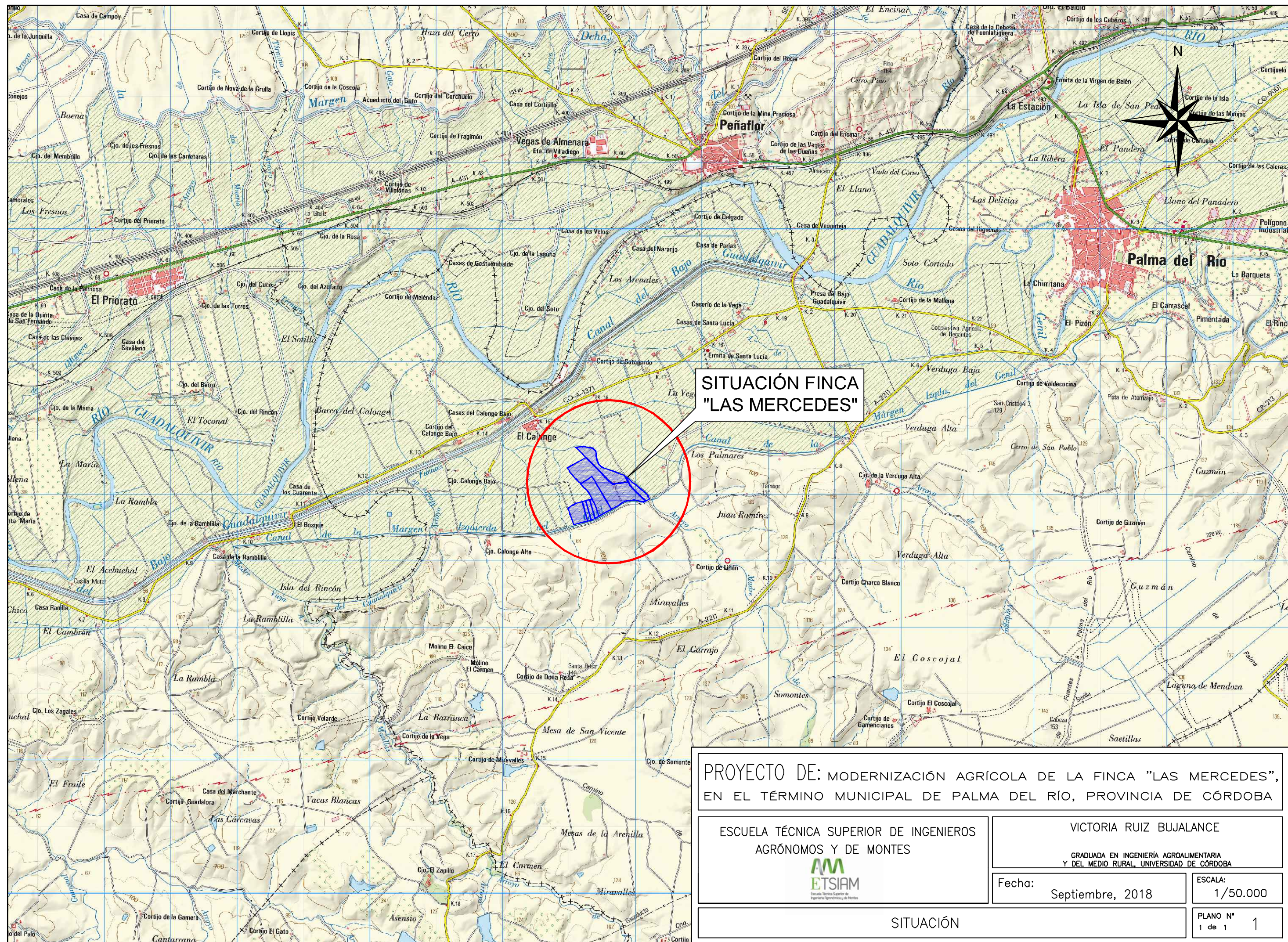
Córdoba, Septiembre de 2018.

Alumna Máster en Ingeniería Agronómica.

Victoria Ruiz Bujalance

7. BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES CONSULTADAS

- CONESA FERNÁNDEZ-VÍTORA, V.; CONESA RIPOLL, V; CONESA RIPOLL, L.A.; ROS GARRO, V.(1997). Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. 3ª edición, revisada y ampliada. Mundi-Prensa. Madrid.
- La Información Ambiental de Andalucía. Sinamba. 1997. Consejería de MedioAmbiente. Junta de Andalucía.
- Ley 7/2007, de “Gestión Integrada de la Calidad Ambiental”. Consejería de MedioAmbiente. Junta de Andalucía.
- Sistema de Información Multiterritorial de Andalucía (SIMA). (<https://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/sima/index2.htm>) (Septiembre 2018).



SITUACIÓN FINCA
"LAS MERCEDES"

PROYECTO DE: MODERNIZACIÓN AGRÍCOLA DE LA FINCA "LAS MERCEDES",
EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE PALMA DEL RÍO, PROVINCIA DE CÓRDOBA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
AGRÓNOMOS Y DE MONTES



VICTORIA RUIZ BUJALANCE

GRADUADA EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA
Y DEL MEDIO RURAL, UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

Fecha:

Septiembre, 2018

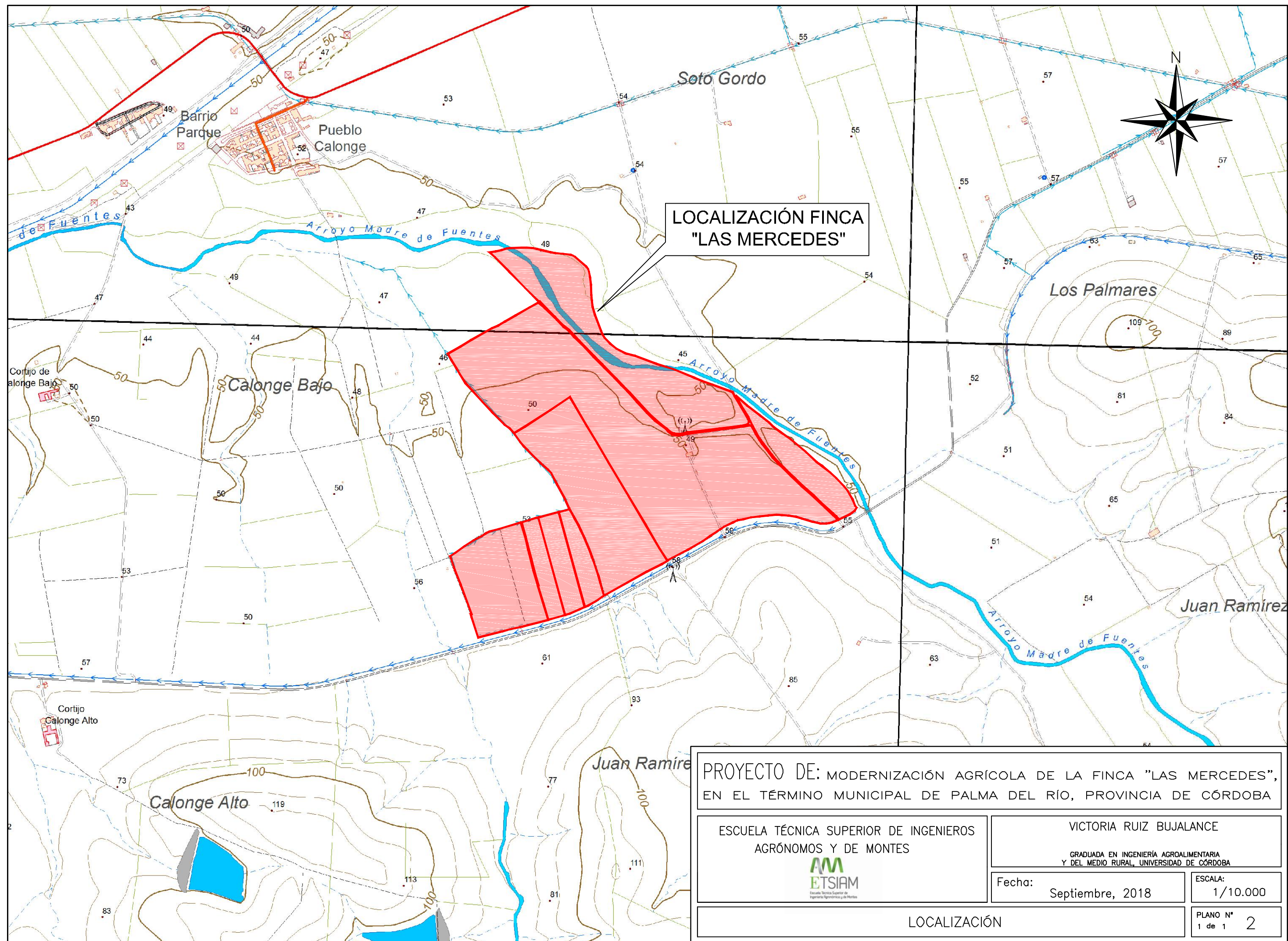
ESCALA:

1/50.000

SITUACIÓN

PLANO N°
1 de 1

1



PROYECTO DE: MODERNIZACIÓN AGRÍCOLA DE LA FINCA "LAS MERCEDES",
EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE PALMA DEL RÍO, PROVINCIA DE CÓRDOBA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
AGRÓNOMOS Y DE MONTES



VICTORIA RUIZ BUJALANCE

GRADUADA EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA
Y DEL MEDIO RURAL, UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

Fecha: Septiembre, 2018

ESCALA: 1/10.000

LOCALIZACIÓN

PLANO N° 2
1 de 1



LEYENDA

- SUPERFICIE DE RIEGO: 50,7 ha
- POZO
- TUBERÍA IMPULSIÓN POZO - Balsa
PVC Ø200
- TUBERÍA DESAGÜE Balsa- ARROYO
PVC CORRUGADO Ø315

ARROYO "MADRE DE FUENTES"

LÍMITE FINCA "LAS MERCEDES"

NAVE DE BOMBEO
Y FILTRADO
PROYECTADA

BALSA DE
ALMACENAMIENTO
PROYECTADA

PROYECTO DE: MODERNIZACIÓN AGRÍCOLA DE LA FINCA "LAS MERCEDES",
EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE PALMA DEL RÍO, PROVINCIA DE CÓRDOBA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
AGRÓNOMOS Y DE MONTES



VICTORIA RUIZ BUJALANCE

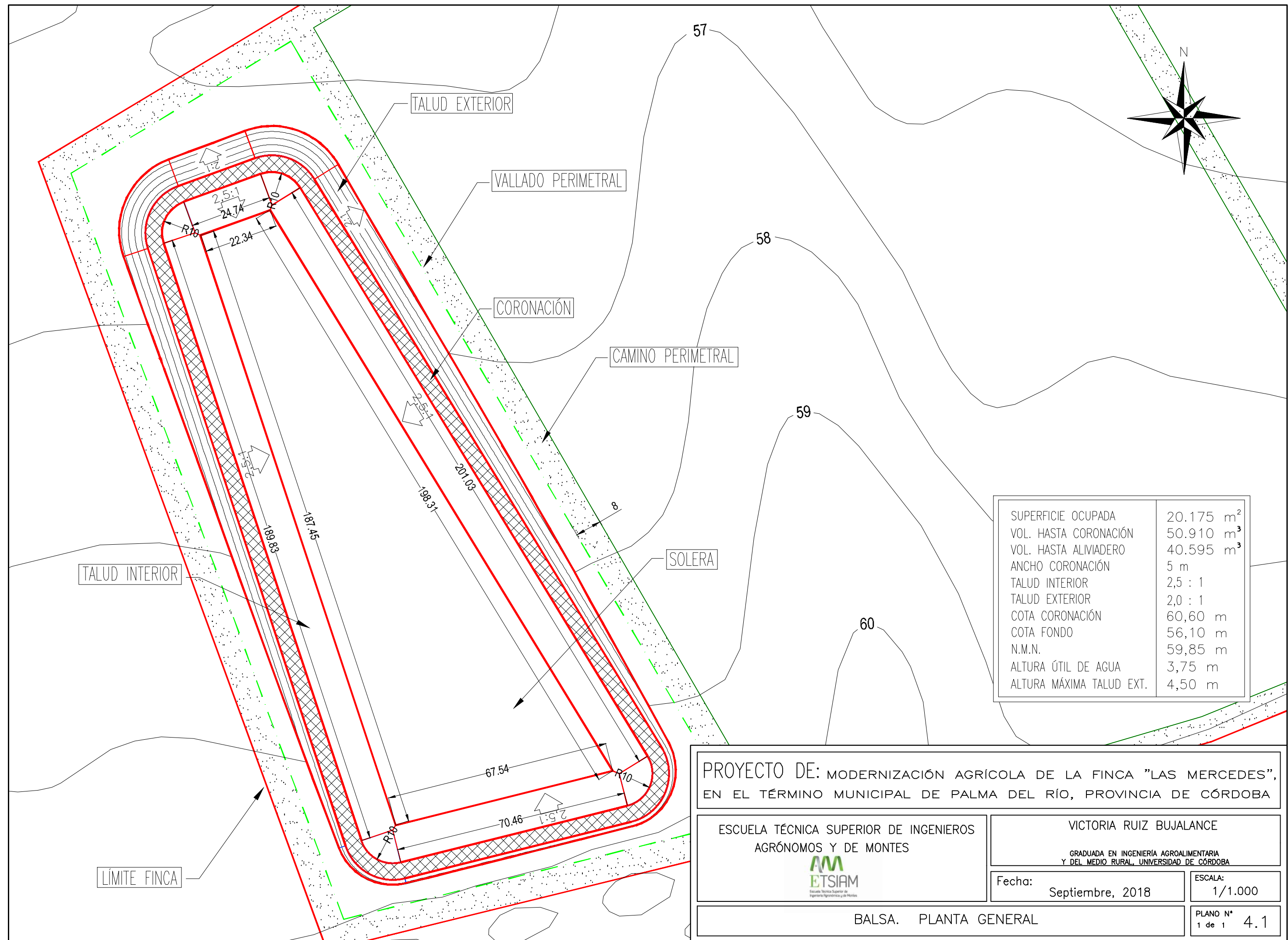
GRADUADA EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA
Y DEL MEDIO RURAL, UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

Fecha: Septiembre, 2018

ESCALA:
1/3.000

PLANTA GENERAL

PLANO N°
1 de 1 3



SUPERFICIE OCUPADA	20.175 m ²
VOL. HASTA CORONACIÓN	50.910 m ³
VOL. HASTA ALIVIADERO	40.595 m ³
ANCHO CORONACIÓN	5 m
TALUD INTERIOR	2,5 : 1
TALUD EXTERIOR	2,0 : 1
COTA CORONACIÓN	60,60 m
COTA FONDO	56,10 m
N.M.N.	59,85 m
ALTURA ÚTIL DE AGUA	3,75 m
ALTURA MÁXIMA TALUD EXT.	4,50 m

PROYECTO DE: MODERNIZACIÓN AGRÍCOLA DE LA FINCA "LAS MERCEDES",
EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE PALMA DEL RÍO, PROVINCIA DE CÓRDOBA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
AGRÓNOMOS Y DE MONTES

VICTORIA RUIZ BUJALANCE

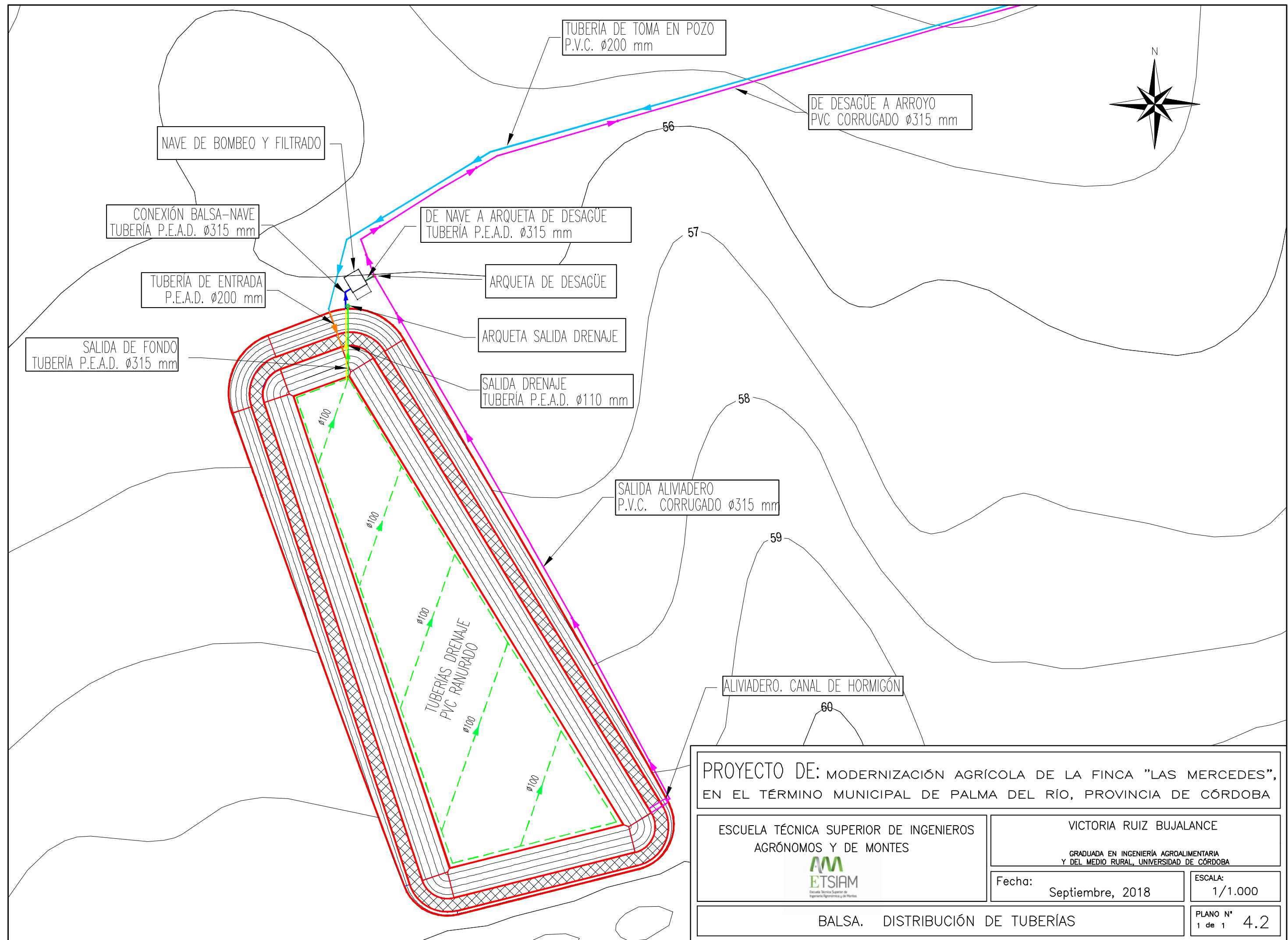
GRADUADA EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA
Y DEL MEDIO RURAL, UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

Fecha: Septiembre, 2018

ESCALA: 1/1.000

BALSA. PLANTA GENERAL

PLANO N° 1 de 1 4.1



PROYECTO DE: MODERNIZACIÓN AGRÍCOLA DE LA FINCA "LAS MERCEDES",
EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE PALMA DEL RÍO, PROVINCIA DE CÓRDOBA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
AGRÓNOMOS Y DE MONTES


VICTORIA RUIZ BUJALANCE
GRADUADA EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA
Y DEL MEDIO RURAL, UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

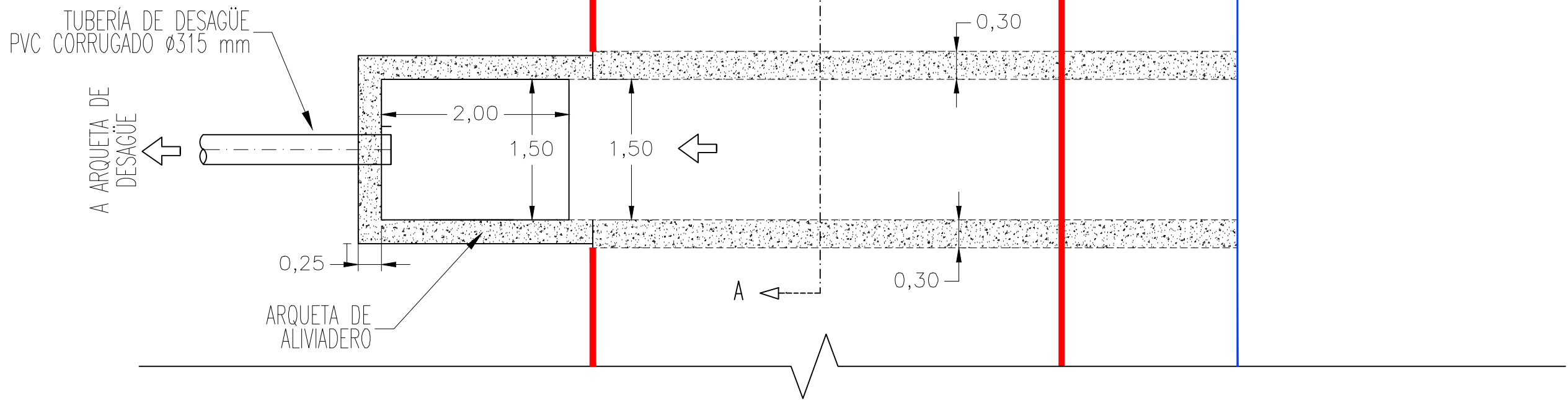
Fecha: Septiembre, 2018
ESCALA: 1/1.000

BALSA. DISTRIBUCIÓN DE TUBERÍAS
PLANO N° 1 de 1 4.2

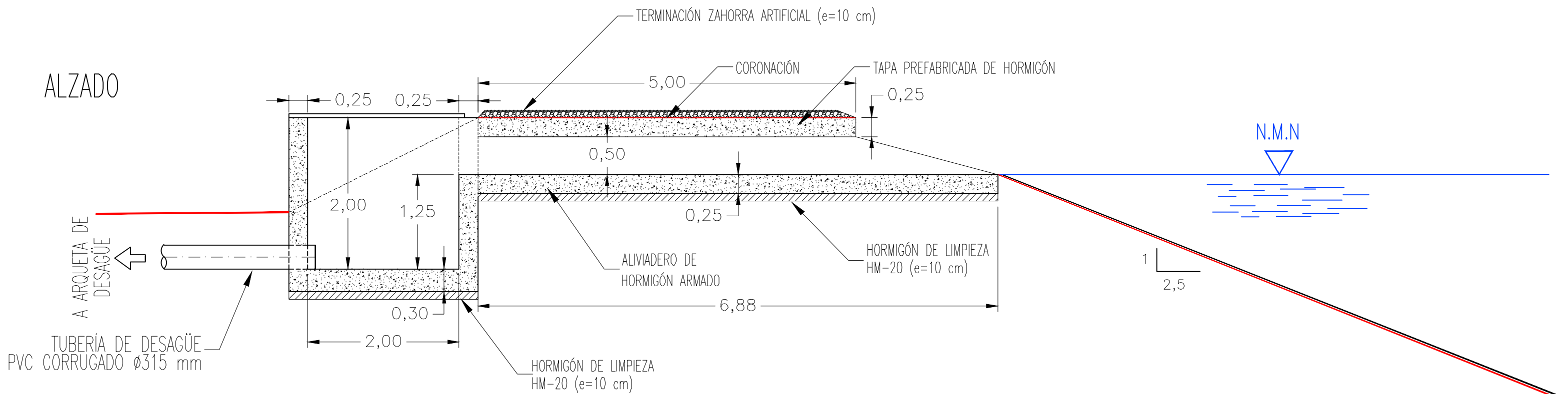
PLANTA Y ALZADO

- Escala: 1/50

PLANTA



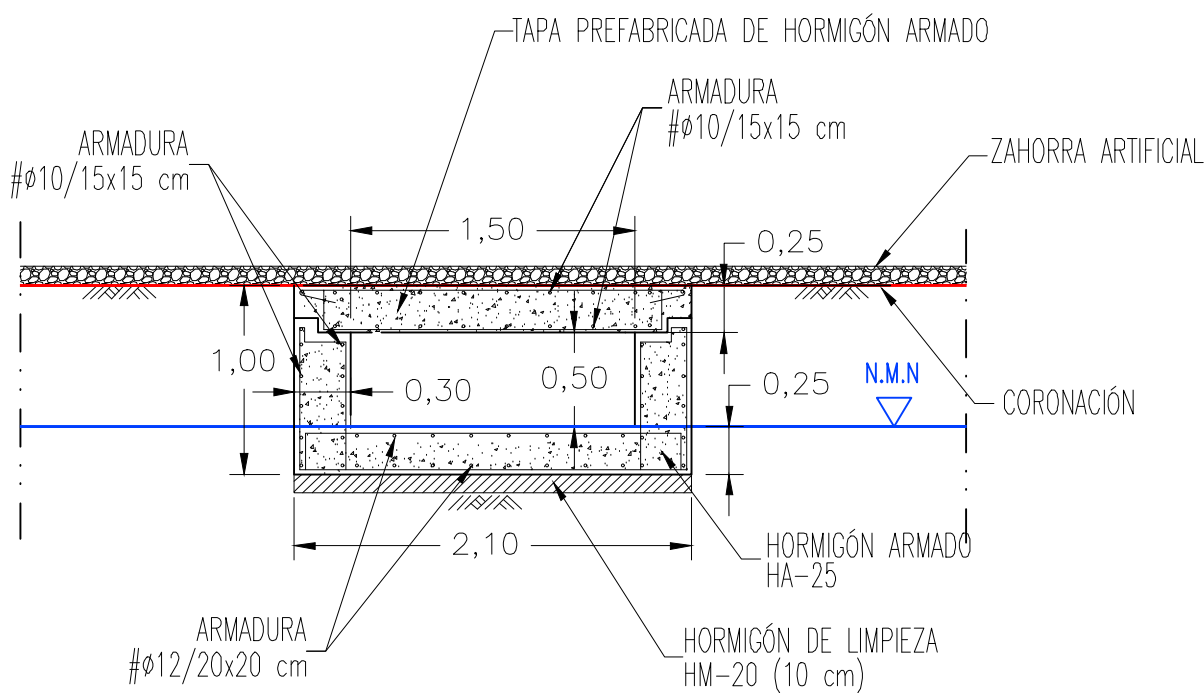
ALZADO



SECCIÓN A-A'

- Escala: 1/40

SECCIÓN A-A'



CUADRO DE CARACTERÍSTICAS SEGÚN EHE-08					
ELEMENTO	TIPO	CONTROL	COEFICIENTES DE PONDERACIÓN		
			HORMIGÓN	ARMADURAS	ACCIONES
Hormigón	HA 25/P/20/IIa	Normal	1,5		
Acero estructuras	S 275 JR	Normal			
Acero armaduras	B 400 S	Normal		1,15	
Acero pernos	S 275 JR-Liso	Normal			
Ejecución		Normal			1,6

PROYECTO DE: MODERNIZACIÓN AGRÍCOLA DE LA FINCA "LAS MERCEDES",
EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE PALMA DEL RÍO, PROVINCIA DE CÓRDOBA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
AGRÓNOMOS Y DE MONTES



VICTORIA RUIZ BUJALANCE

GRADUADA EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA
Y DEL MEDIO RURAL, UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

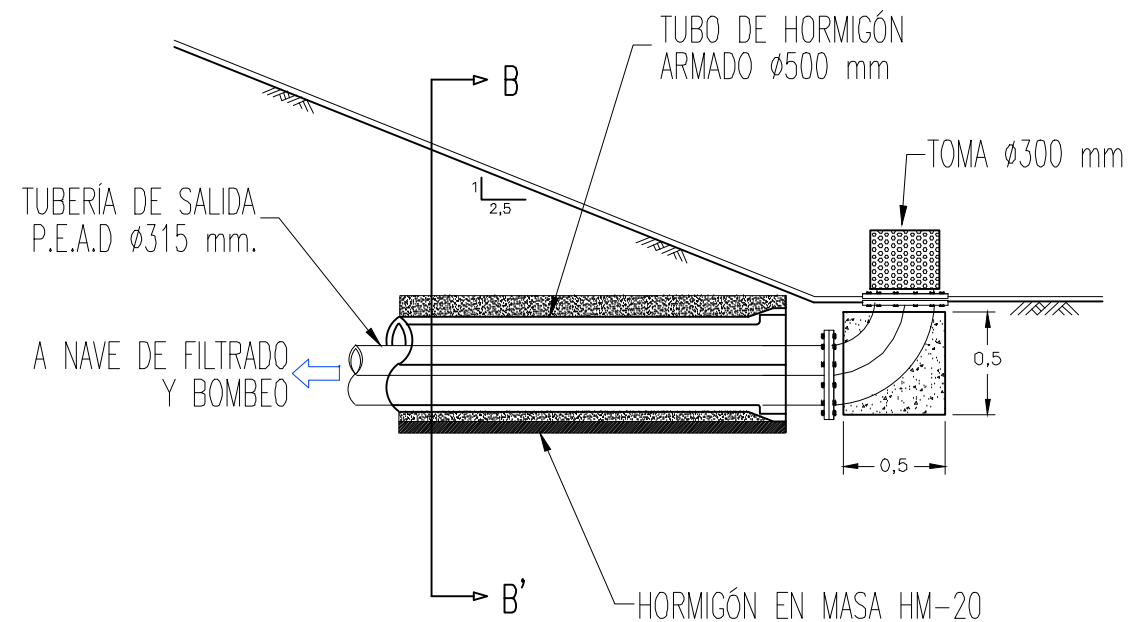
Fecha: Septiembre, 2018

ESCALA:
VARIAS

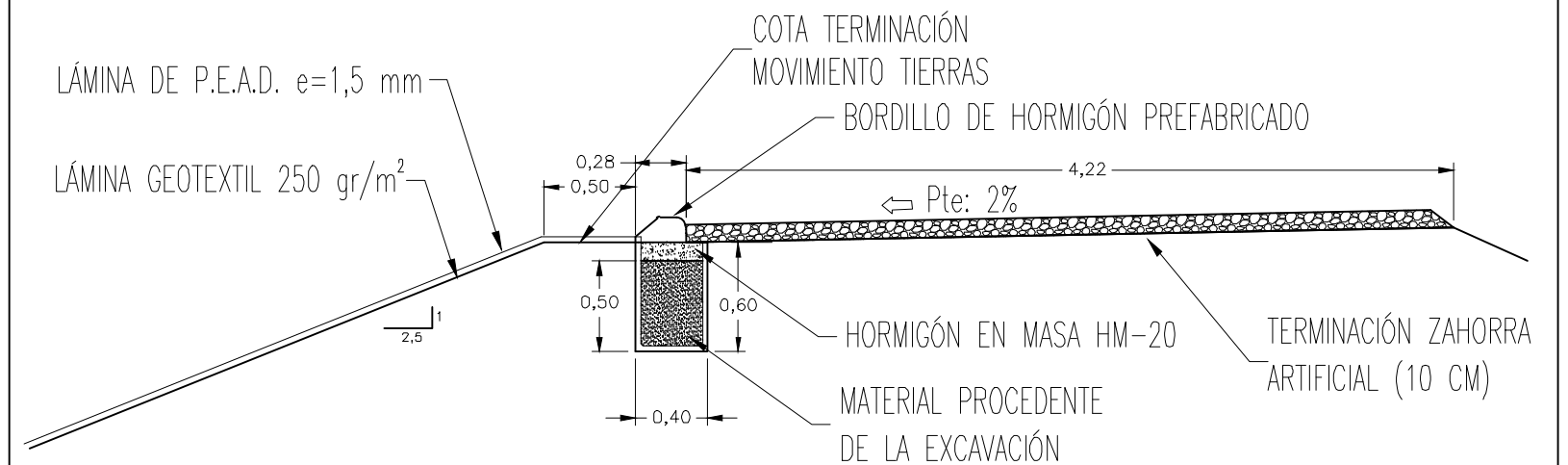
BALSA. DETALLE DE ALIVIADERO

PLANO N°
1 de 1 4.3

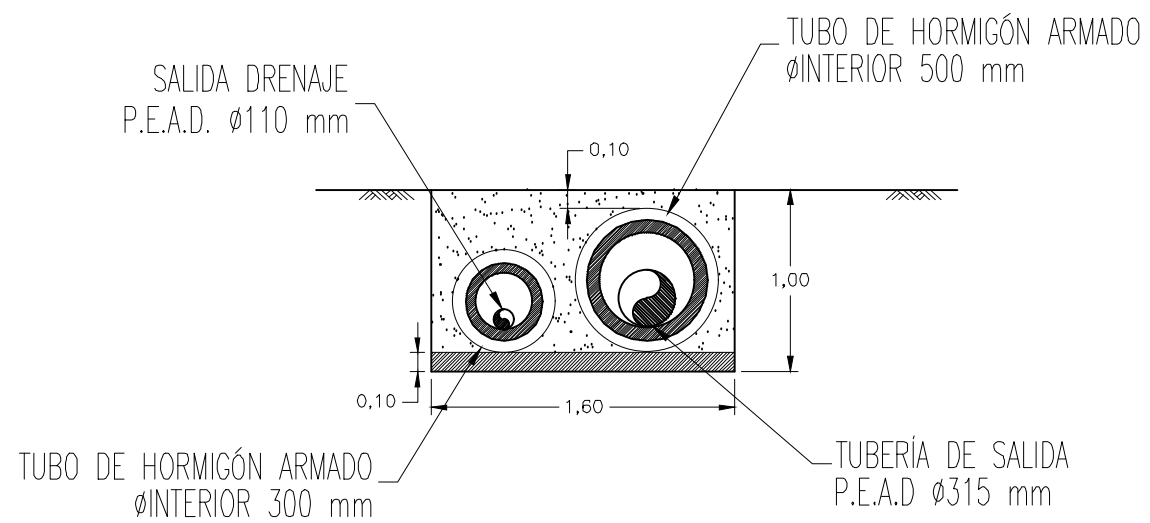
DETALLE DE TOMA DE FONDO Balsa



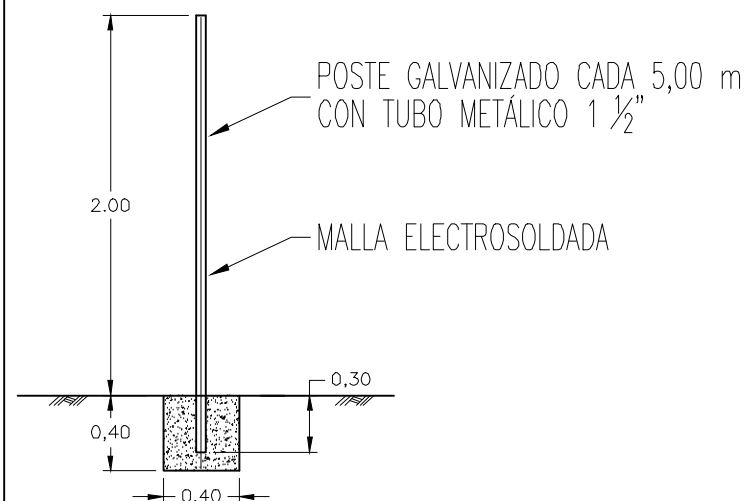
DETALLE DE ANCLAJE DE LÁMINA



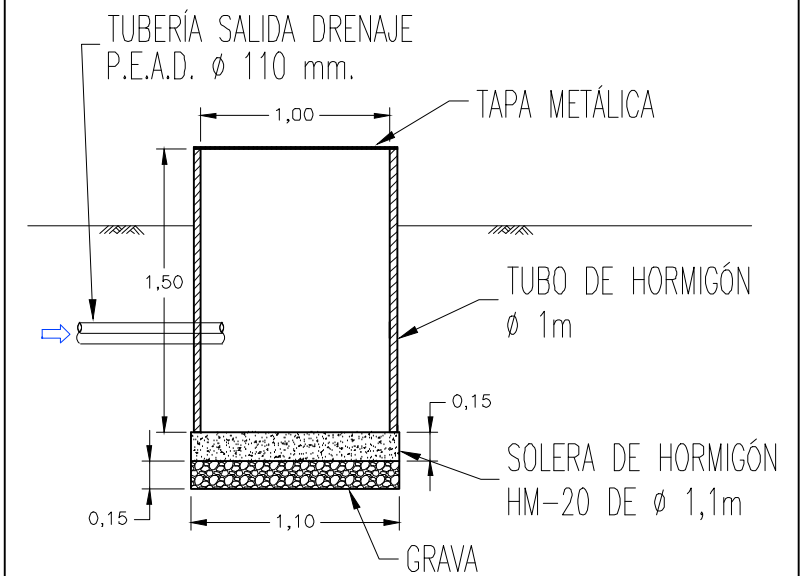
SECCIÓN B-B' ZANJA SALIDA DE Balsa 2



DETALLE DE CERCA METÁLICA



DETALLE ARQUETA DE DRENAJE



CUADRO DE CARACTERISTICAS SEGUN EHE-08

ELEMENTO	TIPO	CONTROL	COEFICIENTES DE PONDERACION		
			HORMIGON	ARMADURAS	ACCIONES
Hormigón	HA 25/P/20/Ila	Normal	1,5		
Acero estructuras	S 275 JR	Normal			
Acero armaduras	B 400 S	Normal		1,15	
Acero pernos	S 275 JR-Liso	Normal			
Ejecución		Normal			1,6

PROYECTO DE: MODERNIZACIÓN AGRÍCOLA DE LA FINCA "LAS MERCEDES", EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE PALMA DEL RÍO, PROVINCIA DE CÓRDOBA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
AGRÓNOMOS Y DE MONTES



VICTORIA RUIZ BUJALANCE

GRADUADA EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA
Y DEL MEDIO RURAL, UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

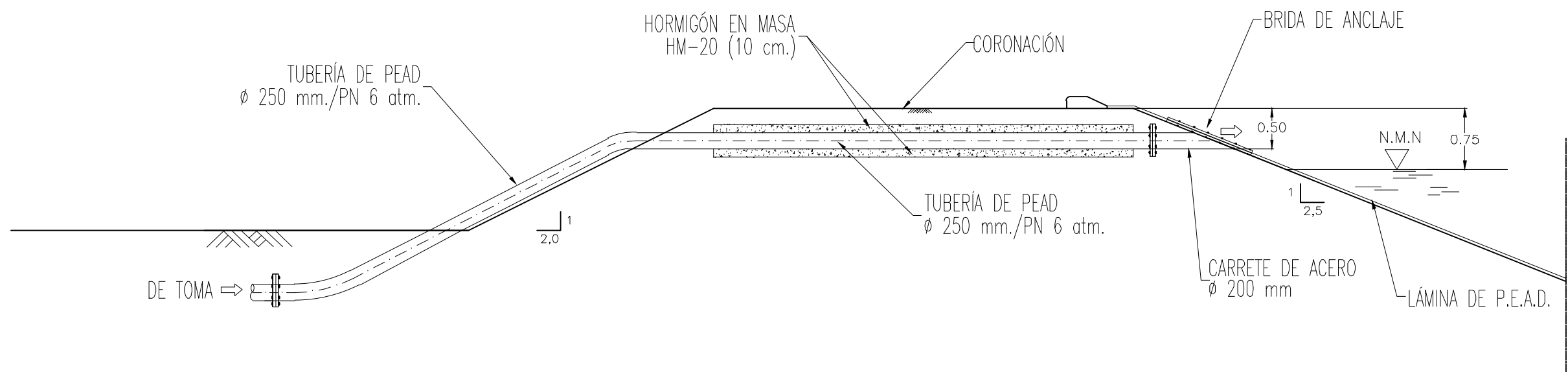
Fecha: Septiembre, 2018

ESCALA:
1/40

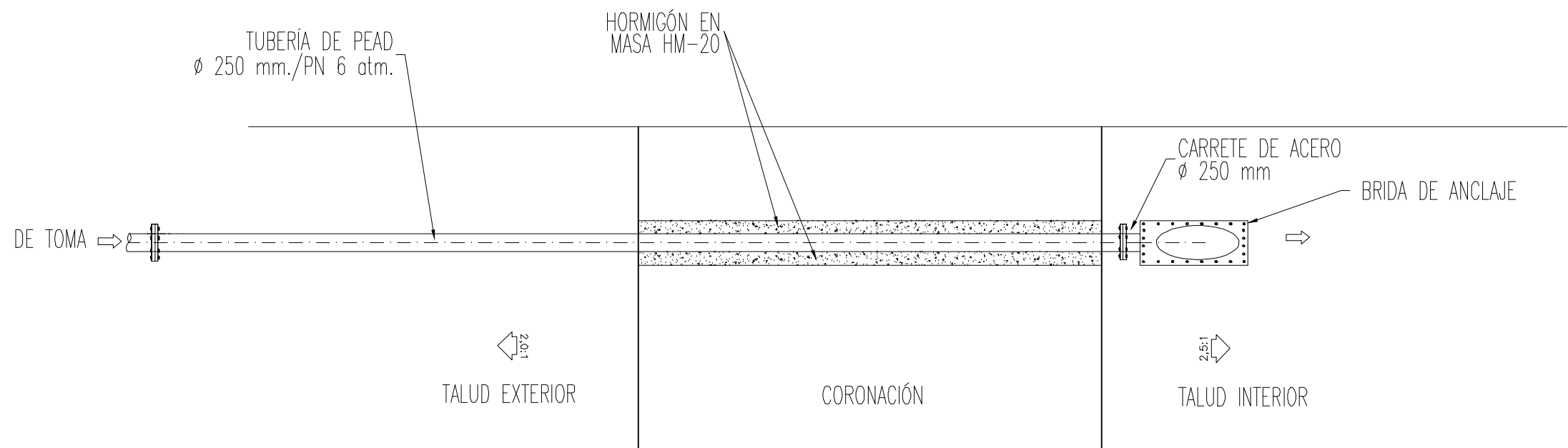
Balsa. DETALLES GENERALES

PLANO N°
1 de 1 4.4

ALZADO



PLANTA



CUADRO DE CARACTERÍSTICAS SEGÚN EHE-08					
ELEMENTO	TIPO	CONTROL	COEFICIENTES DE PONDERACIÓN		
			HORMIGÓN	ARMADURAS	ACCIONES
Hormigón	HA 25/P/20/I/a	Normal	1,5		
Acero estructuras	S 275 JR	Normal			
Acero armaduras	B 400 S	Normal		1,15	
Acero pernos	S 275 JR-Liso	Normal			
Ejecución		Normal			1,6

NOTA: LAS DIMENSIONES DE LA BRIDA DE ANCLAJE SON ORIENTATIVAS.
LA BRIDA PUEDE SER RECTANGULAR U OVALADA.

PROYECTO DE: MODERNIZACIÓN AGRÍCOLA DE LA FINCA "LAS MERCEDES",
EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE PALMA DEL RÍO, PROVINCIA DE CÓRDOBA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
AGRÓNOMOS Y DE MONTES


Escuela Técnica Superior de
Ingeniería Agronómica y de Montes

VICTORIA RUIZ BUJALANCE

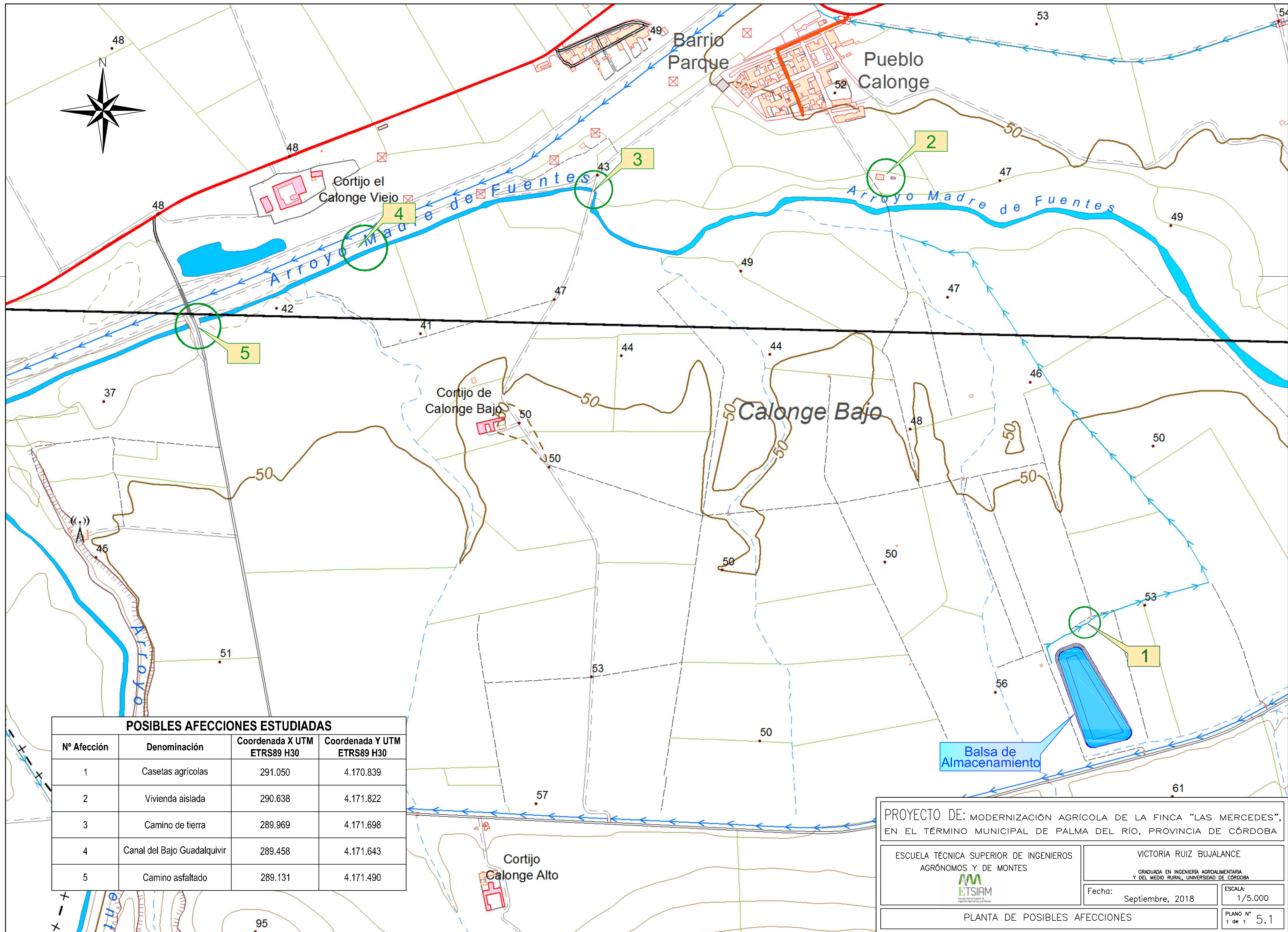
GRADUADA EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA
Y DEL MEDIO RURAL, UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

Fecha: Septiembre, 2018

ESCALA:
1/60


BALSA. DETALLES ENTRADA A BALSA

PLANO N°
1 de 1 4.5



POSIBLES AFECCIONES ESTUDIADAS			
Nº Afección	Denominación	Coordenada X UTM ETRS89 H30	Coordenada Y UTM ETRS89 H30
1	Casetas agrícolas	291.050	4.170.839
2	Vivienda aislada	290.638	4.171.822
3	Camino de tierra	289.969	4.171.698
4	Canal del Bajo Guadalquivir	289.458	4.171.643
5	Camino asfaltado	289.131	4.171.490

PROYECTO DE: MODERNIZACIÓN AGRÍCOLA DE LA FINCA "LAS MERCEDES",
EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE PALMA DEL RÍO, PROVINCIA DE CÓRDOBA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
AGRÓNOMOS Y DE MONTES


VICTORIA RUIZ BUJALANCE
GRADUADA EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA
Y DEL MEDIO RURAL, UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

Fecha: Septiembre, 2018

ESCALA: 1/5.000

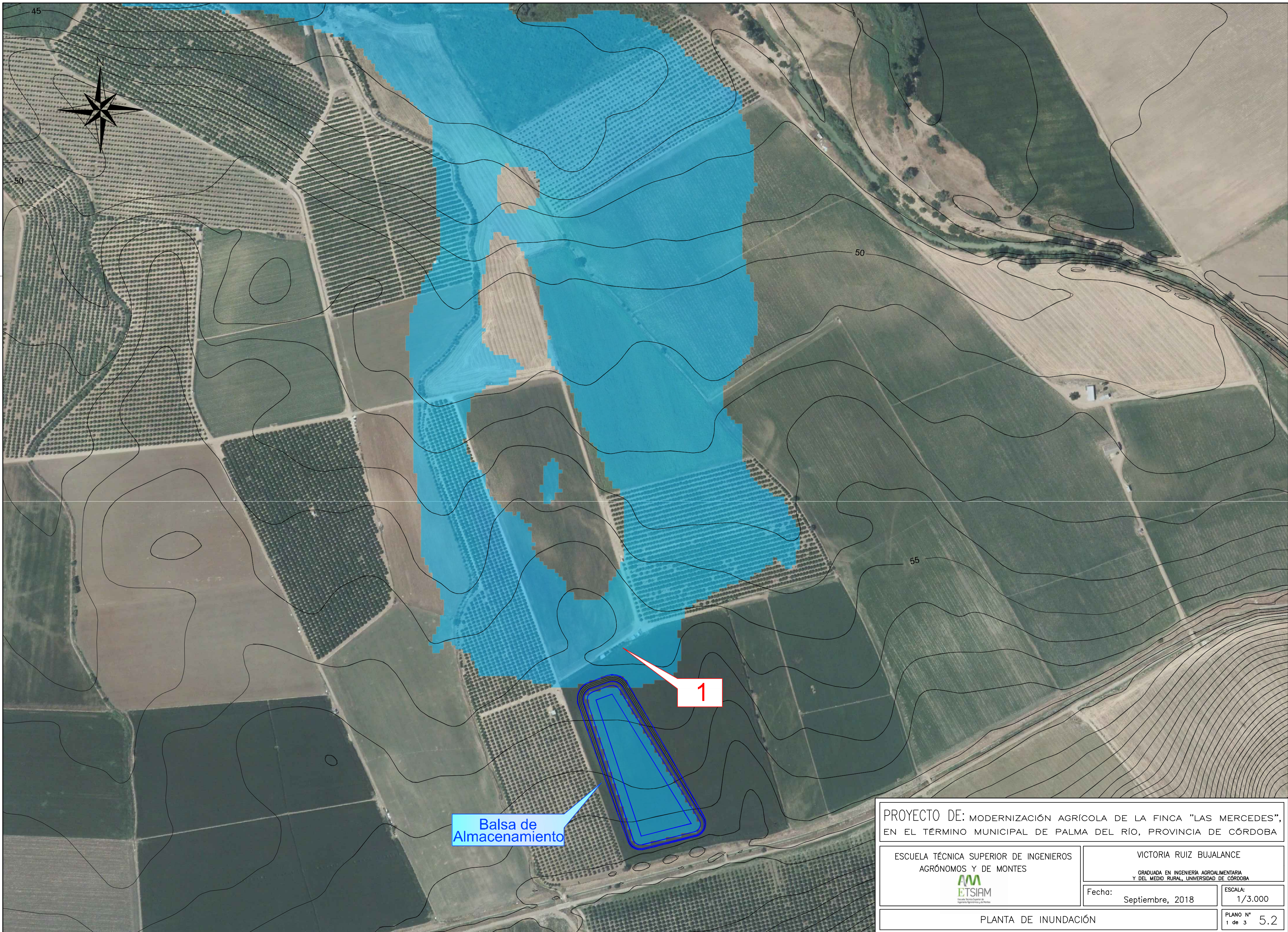
PLANTA DE POSIBLES AFECCIONES

PLANO Nº 1 de 1 5.1



PROYECTO DE: MODERNIZACIÓN AGRÍCOLA DE LA FINCA "LAS MERCEDES",
EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE PALMA DEL RÍO, PROVINCIA DE CÓRDOBA

<div>ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRÓNOMOS Y DE MONTES</div> <div> ETSIAM</div>	VICTORIA RUIZ BUJALANCE	
	GRADUADA EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO RURAL, UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA	
Fecha:	Septiembre, 2018	ESCALA: 1/3.000



PROYECTO DE: MODERNIZACIÓN AGRÍCOLA DE LA FINCA "LAS MERCEDES",
EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE PALMA DEL RÍO, PROVINCIA DE CÓRDOBA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
AGRÓNOMOS Y DE MONTES



VICTORIA RUIZ BUJALANCE

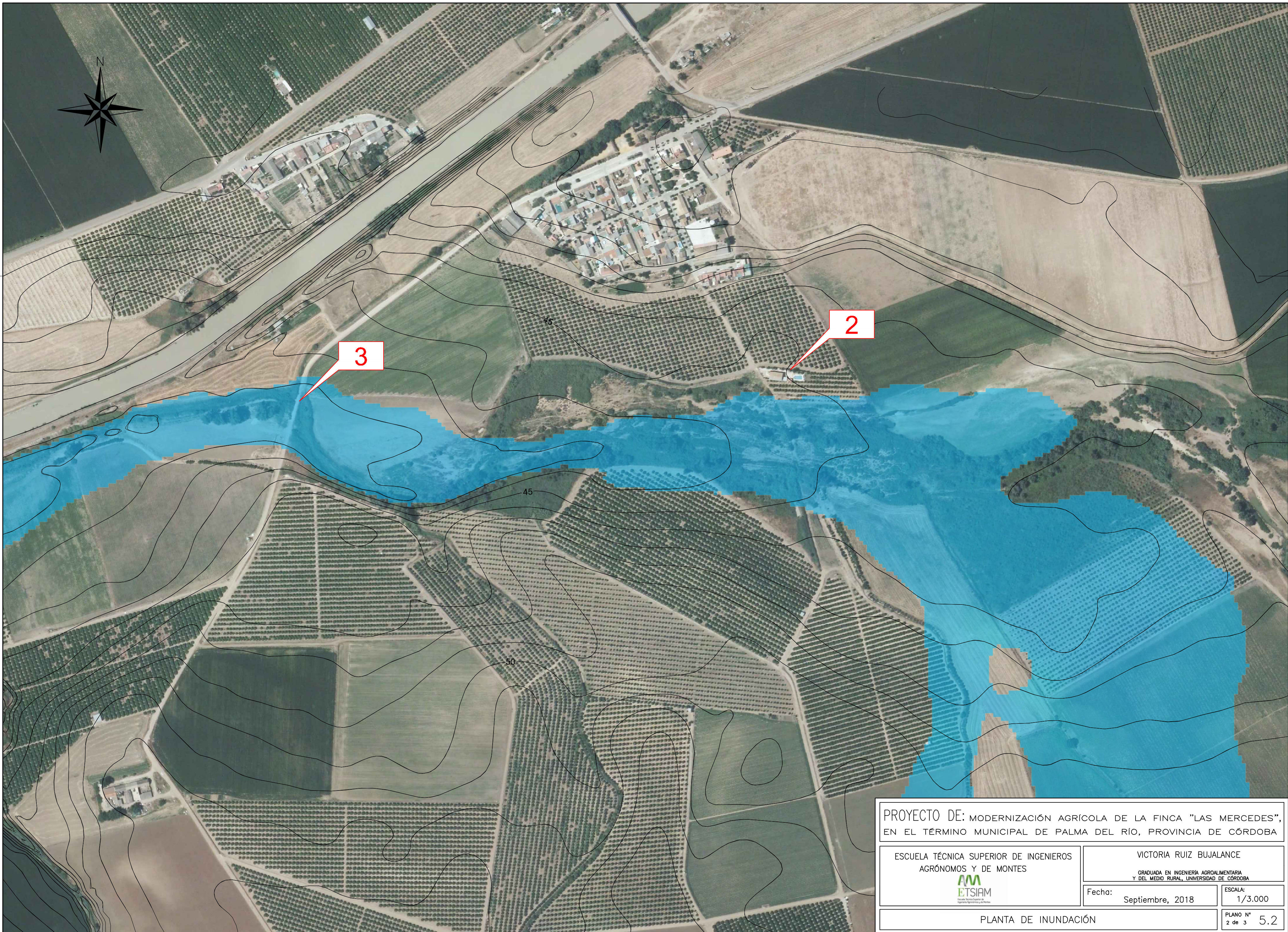
GRADUADA EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA
Y DEL MEDIO RURAL, UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

Fecha: Septiembre, 2018


ESCALA:
1/3.000

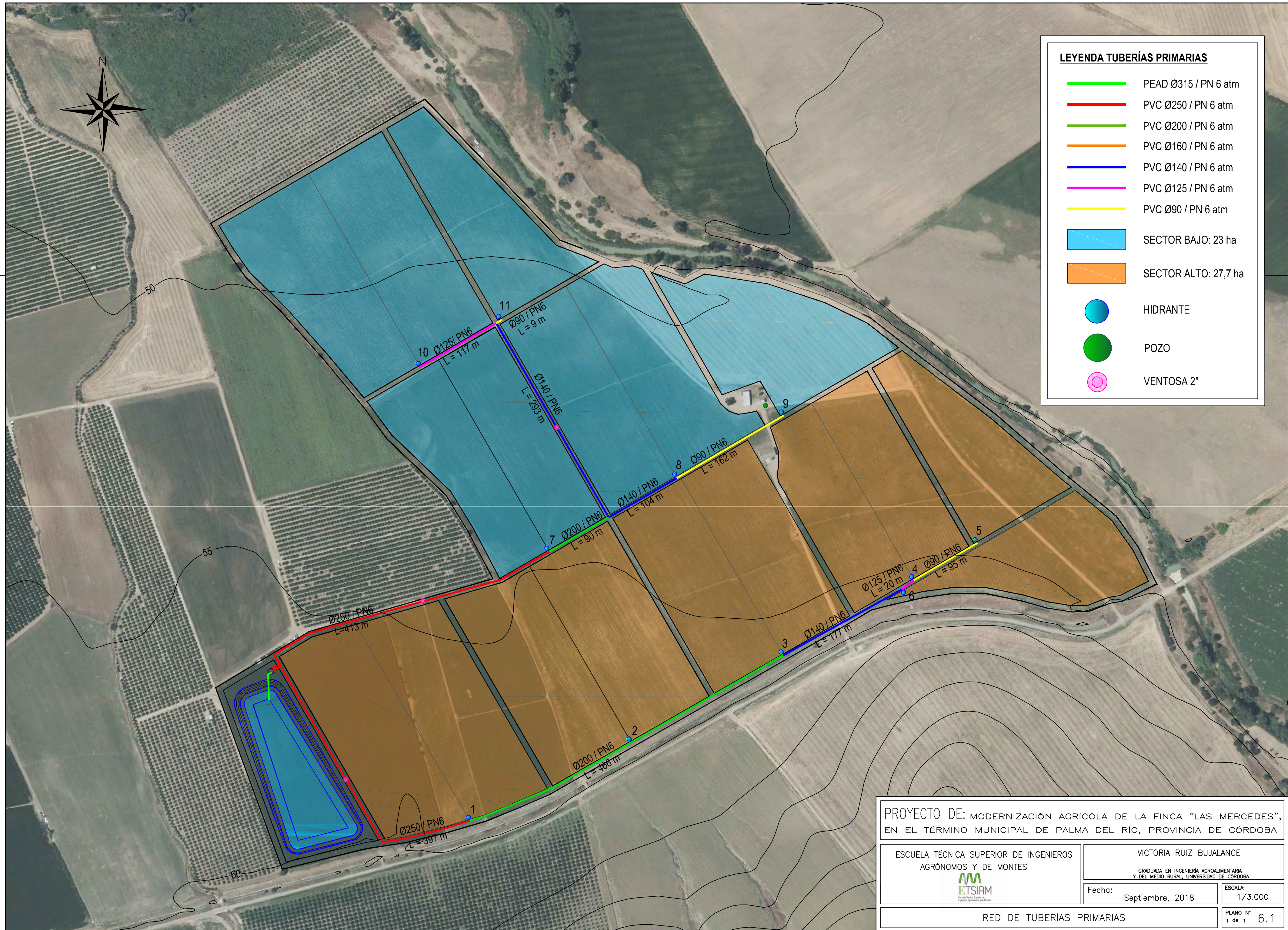
PLANTA DE INUNDACIÓN

PLANO N°
1 de 3 5.2



PROYECTO DE: MODERNIZACIÓN AGRÍCOLA DE LA FINCA "LAS MERCEDES",
EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE PALMA DEL RÍO, PROVINCIA DE CÓRDOBA

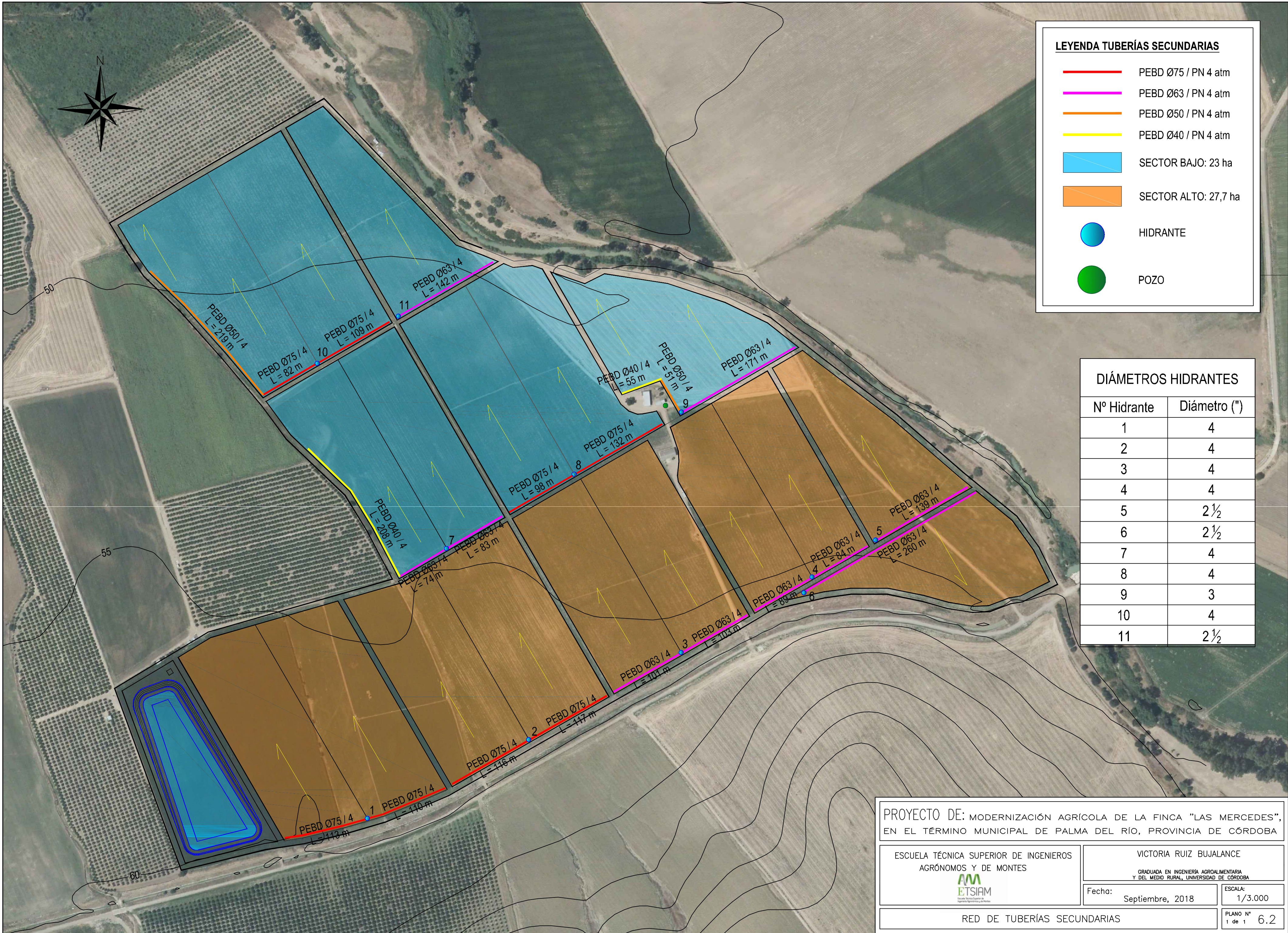
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRÓNOMOS Y DE MONTES	VICTORIA RUIZ BUJALANCE GRADUADA EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO RURAL, UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA	
	Fecha: Septiembre, 2018	ESCALA: 1/3.000
PLANTA DE INUNDACIÓN		PLANO N° 2 de 3 5.2



LEYENDA TUBERÍAS PRIMARIAS

	PEAD Ø315 / PN 6 atm
	PVC Ø250 / PN 6 atm
	PVC Ø200 / PN 6 atm
	PVC Ø160 / PN 6 atm
	PVC Ø140 / PN 6 atm
	PVC Ø125 / PN 6 atm
	PVC Ø90 / PN 6 atm
	SECTOR BAJO: 23 ha
	SECTOR ALTO: 27,7 ha
	HIDRANTE
	POZO
	VENTOSA 2"

PROYECTO DE: MODERNIZACIÓN AGRÍCOLA DE LA FINCA "LAS MERCEDES", EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE PALMA DEL RÍO, PROVINCIA DE CÓRDOBA		
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRÓNOMOS Y DE MONTES 	VICTORIA RUIZ BUJALANCE GRADUADA EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO RURAL, UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA	ESCALA: 1/3.000
Fecha: Septiembre, 2018		PLANO N° 1 de 1 6.1
RED DE TUBERÍAS PRIMARIAS		



LEYENDA TUBERÍAS SECUNDARIAS

- PEBD Ø75 / PN 4 atm
- PEBD Ø63 / PN 4 atm
- PEBD Ø50 / PN 4 atm
- PEBD Ø40 / PN 4 atm
- SECTOR BAJO: 23 ha
- SECTOR ALTO: 27,7 ha
- HIDRANTE
- POZO

DIÁMETROS HIDRANTES

Nº Hidrante	Diámetro (")
1	4
2	4
3	4
4	4
5	2½
6	2½
7	4
8	4
9	3
10	4
11	2½

PROYECTO DE: MODERNIZACIÓN AGRÍCOLA DE LA FINCA "LAS MERCEDES",
EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE PALMA DEL RÍO, PROVINCIA DE CÓRDOBA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
AGRÓNOMOS Y DE MONTES



VICTORIA RUIZ BUJALANCE

GRADUADA EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA
Y DEL MEDIO RURAL, UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

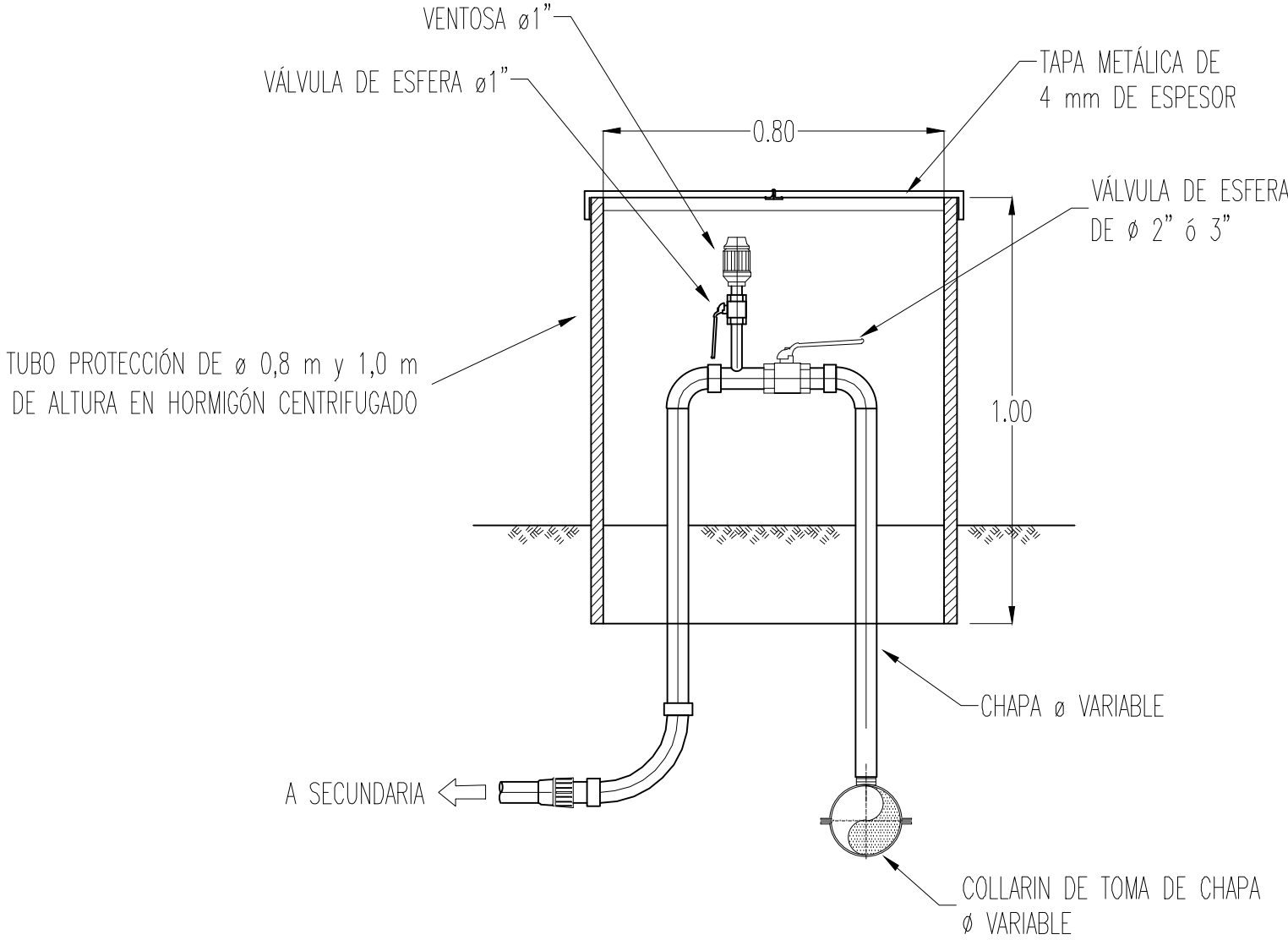
Fecha: Septiembre, 2018

ESCALA: 1/3.000

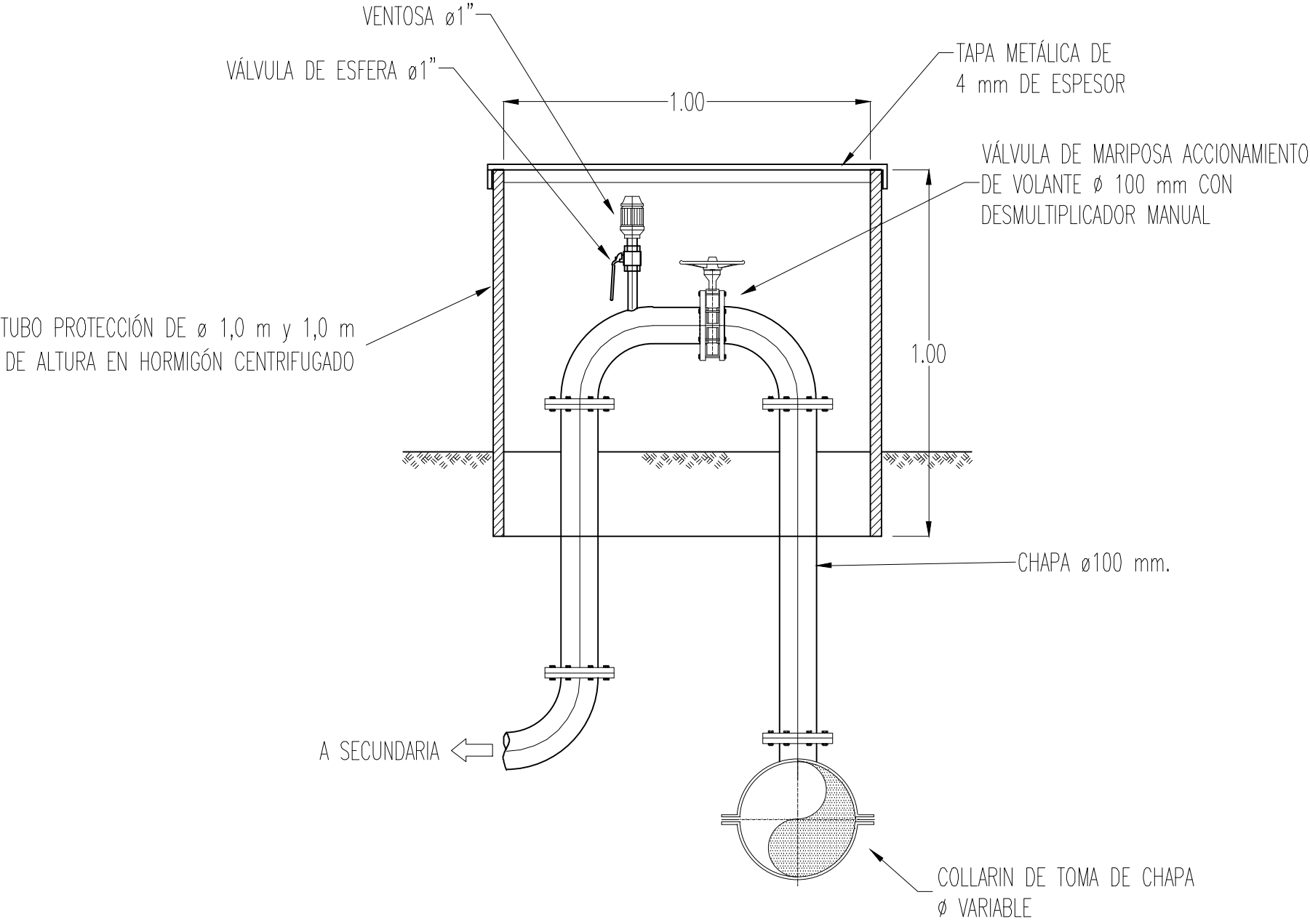
RED DE TUBERÍAS SECUNDARIAS

PLANO Nº 1 de 1 6.2

SECCIÓN TIPO HIDRANTE DE PARCELA \varnothing 2½” Y 3”



SECCIÓN TIPO HIDRANTE DE PARCELA \varnothing 4”



PROYECTO DE: MODERNIZACIÓN AGRÍCOLA DE LA FINCA "LAS MERCEDES",
EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE PALMA DEL RÍO, PROVINCIA DE CÓRDOBA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
AGRÓNOMOS Y DE MONTES



VICTORIA RUIZ BUJALANCE

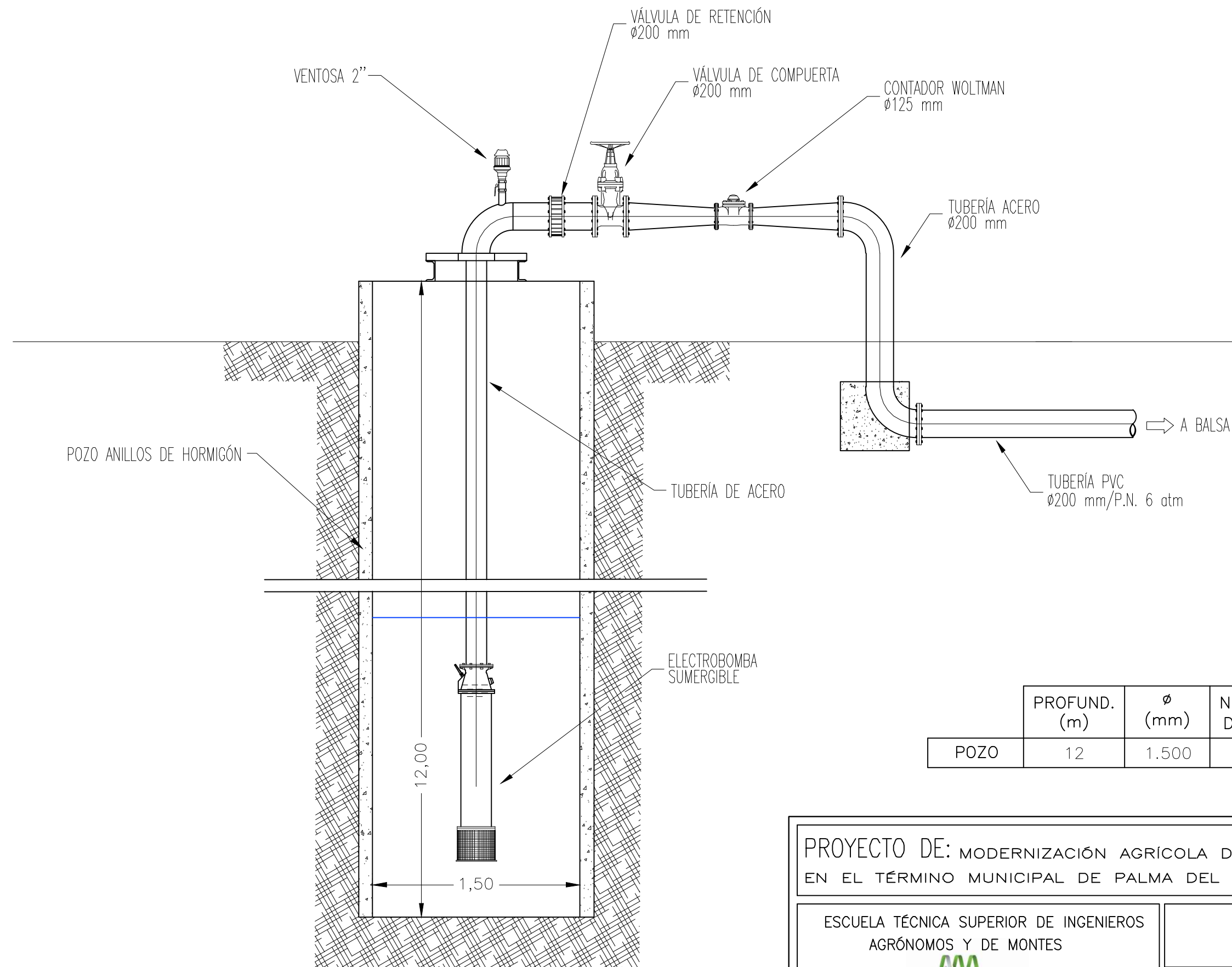
GRADUADA EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA
Y DEL MEDIO RURAL, UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

Fecha: Septiembre, 2018

ESCALA:
1/15

DETALLE DE HIDRANTES

PLANO N°
1 de 1 6.3



	PROFUND. (m)	Ø (mm)	NIVEL DINÁMICO DEL AGUA (m)	POT. BOMBA (kW)
POZO	12	1.500	8	17,5

PROYECTO DE: MODERNIZACIÓN AGRÍCOLA DE LA FINCA "LAS MERCEDES",
EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE PALMA DEL RÍO, PROVINCIA DE CÓRDOBA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
AGRÓNOMOS Y DE MONTES



VICTORIA RUIZ BUJALANCE

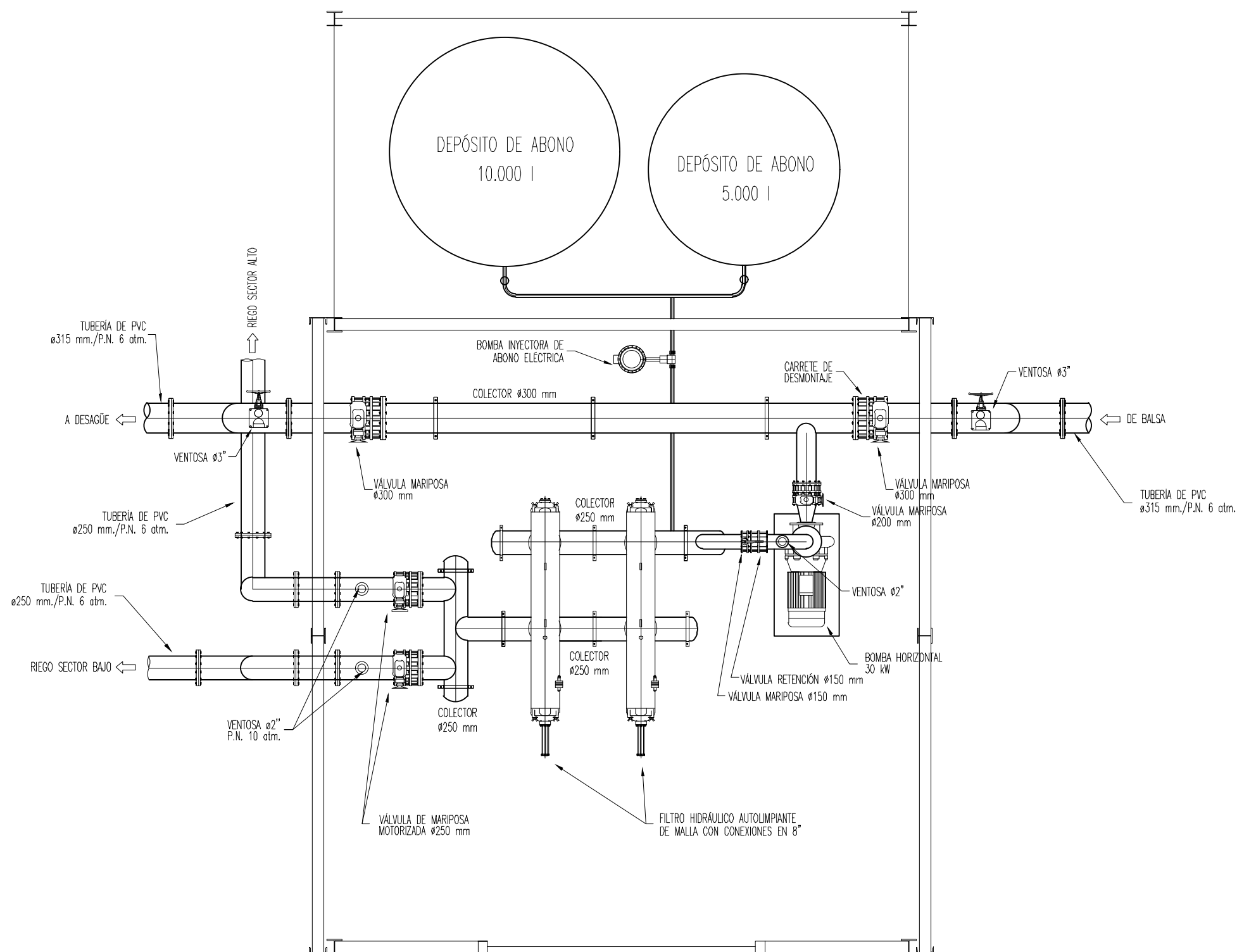
GRADUADA EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA
Y DEL MEDIO RURAL, UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

Fecha: Septiembre, 2018

ESCALA:
1/30

DETALLE DE POZO

PLANO N°
1 de 1 6.4



PROYECTO DE: MODERNIZACIÓN AGRÍCOLA DE LA FINCA "LAS MERCEDES",
EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE PALMA DEL RÍO, PROVINCIA DE CÓRDOBA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
AGRÓNOMOS Y DE MONTES



VICTORIA RUIZ BUJALANCE

GRADUADA EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA
Y DEL MEDIO RURAL, UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

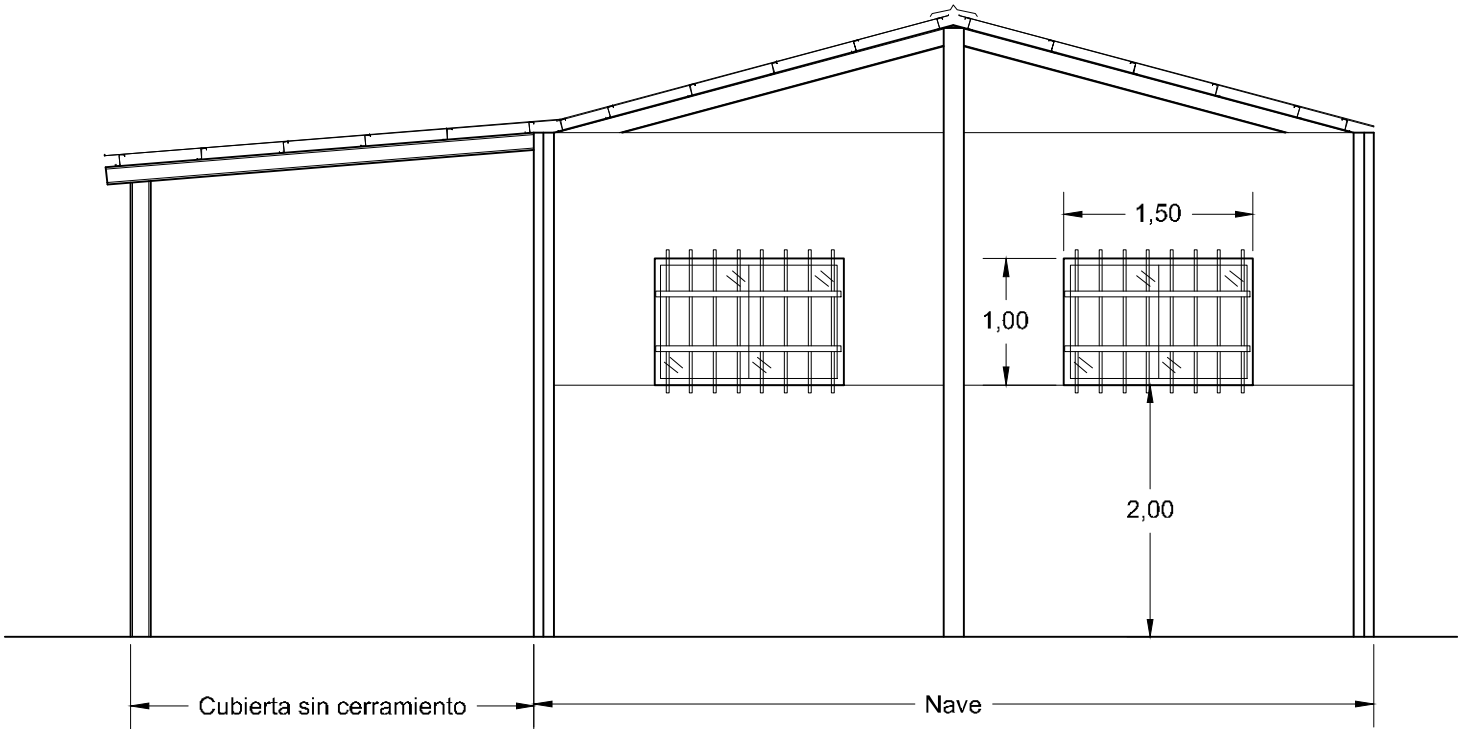
Fecha: Septiembre, 2018

ESCALA:
1/50

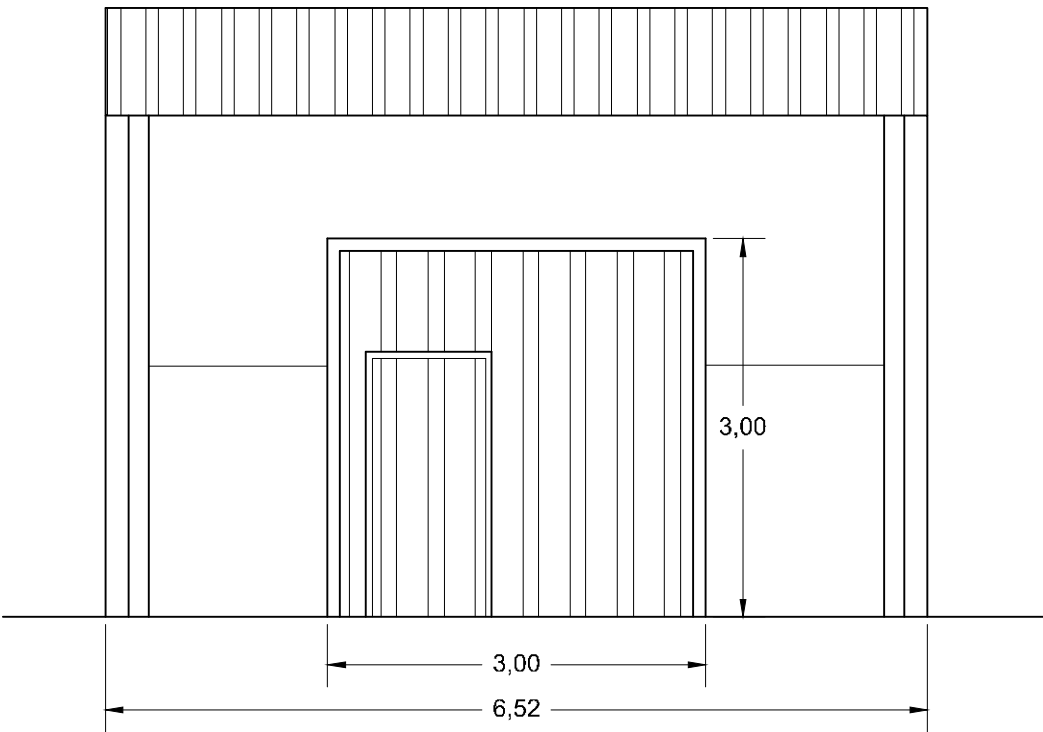
NAVE DE BOMBEO Y FILTRADO. DISTRIBUCIÓN

PLANO N°
1 de 1 7.1

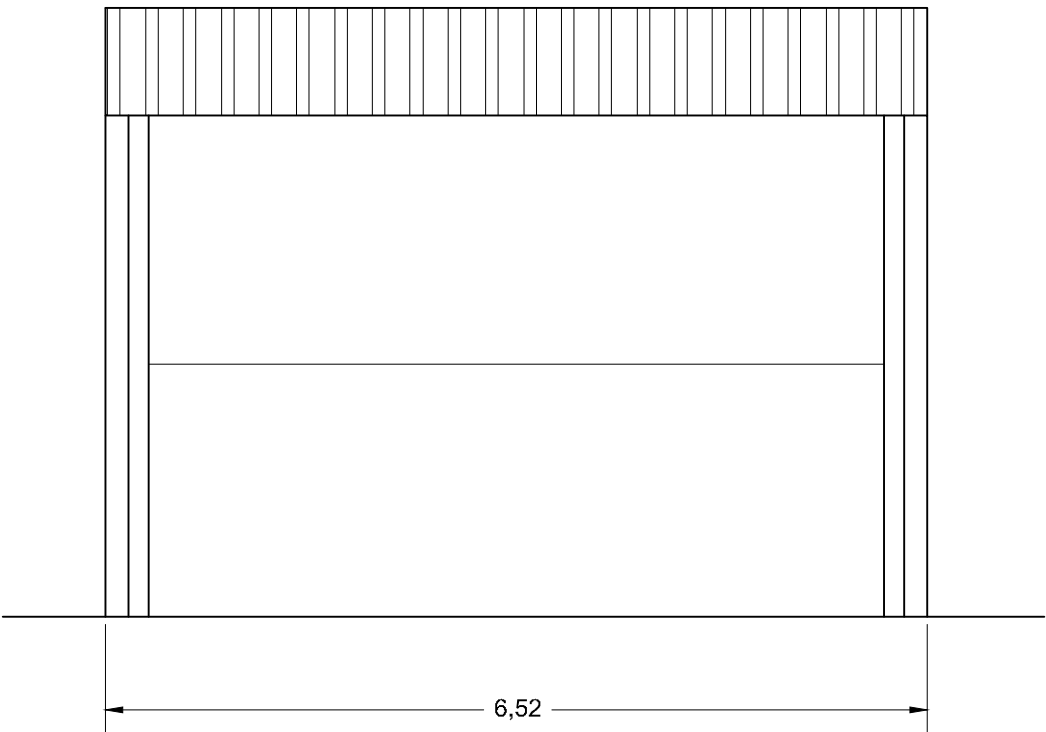
ALZADOS LATERALES



ALZADO FRONTAL



ALZADO POSTERIOR



PROYECTO DE: MODERNIZACIÓN AGRÍCOLA DE LA FINCA "LAS MERCEDES",
EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE PALMA DEL RÍO, PROVINCIA DE CÓRDOBA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
AGRÓNOMOS Y DE MONTES



VICTORIA RUIZ BUJALANCE

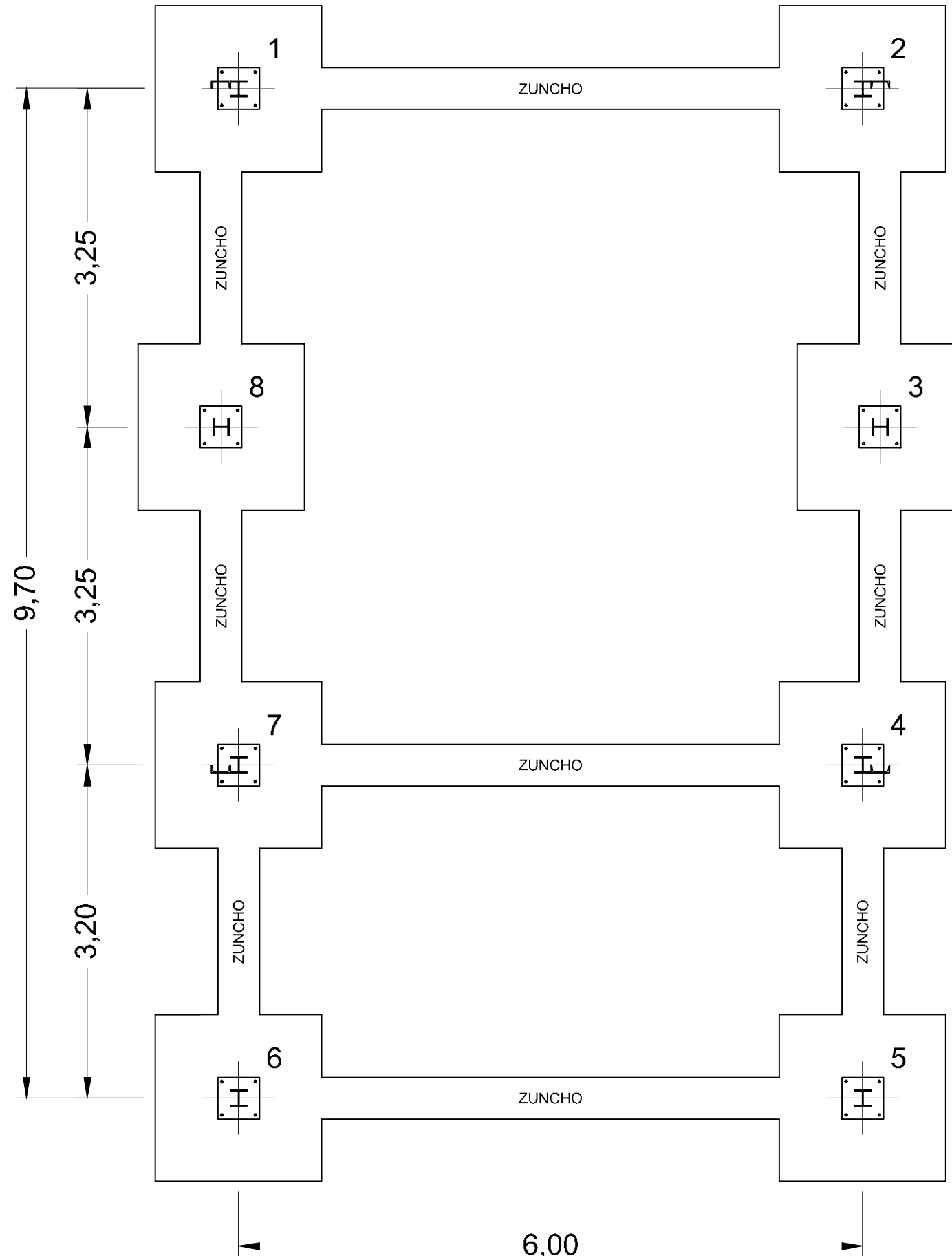
GRADUADA EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA
Y DEL MEDIO RURAL, UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

Fecha: Septiembre, 2018

ESCALA:
1/60

NAVE DE BOMBEO Y FILTRADO. ALZADOS

PLANO N°
1 de 1 7.2




CUADRO DE VIGAS DE ATADO	
Referencia	Sección
ZUNCHO TIPO	<div> <div>40</div> <div>40</div> </div> Arm. Sup.:2Ø16 Arm. Inf.:2Ø16 Estribos:1eØ8a30cm

CUADRO DE CIMENTACION				
Referencias	Dimensiones (cm)	Canto (cm)	Armado inf. X	Armado inf. Y
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7,8	160 x 160	65	7Ø16 c/ 20	7Ø16 c/ 20

CUADRO DE CARACTERÍSTICAS SEGUN EHE-08					
ELEMENTO	TIPO	CONTROL	COEFICIENTES DE PONDERACION		
			HORMIGON	ARMADURAS	ACCIONES
Hormigón	HA 25/P/20/IIa	Normal	1,5		
Acero estructuras	S275JR	Normal			
Acero armaduras	B-400 S	Normal		1,15	
Acero pernos	S275JR-Liso	Normal			
Ejecución		Normal			1,6

PROYECTO DE: MODERNIZACIÓN AGRÍCOLA DE LA FINCA "LAS MERCEDES",
 EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE PALMA DEL RÍO, PROVINCIA DE CÓRDOBA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
 AGRÓNOMOS Y DE MONTES


VICTORIA RUIZ BUJALANCE
 GRADUADA EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA
 Y DEL MEDIO RURAL, UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

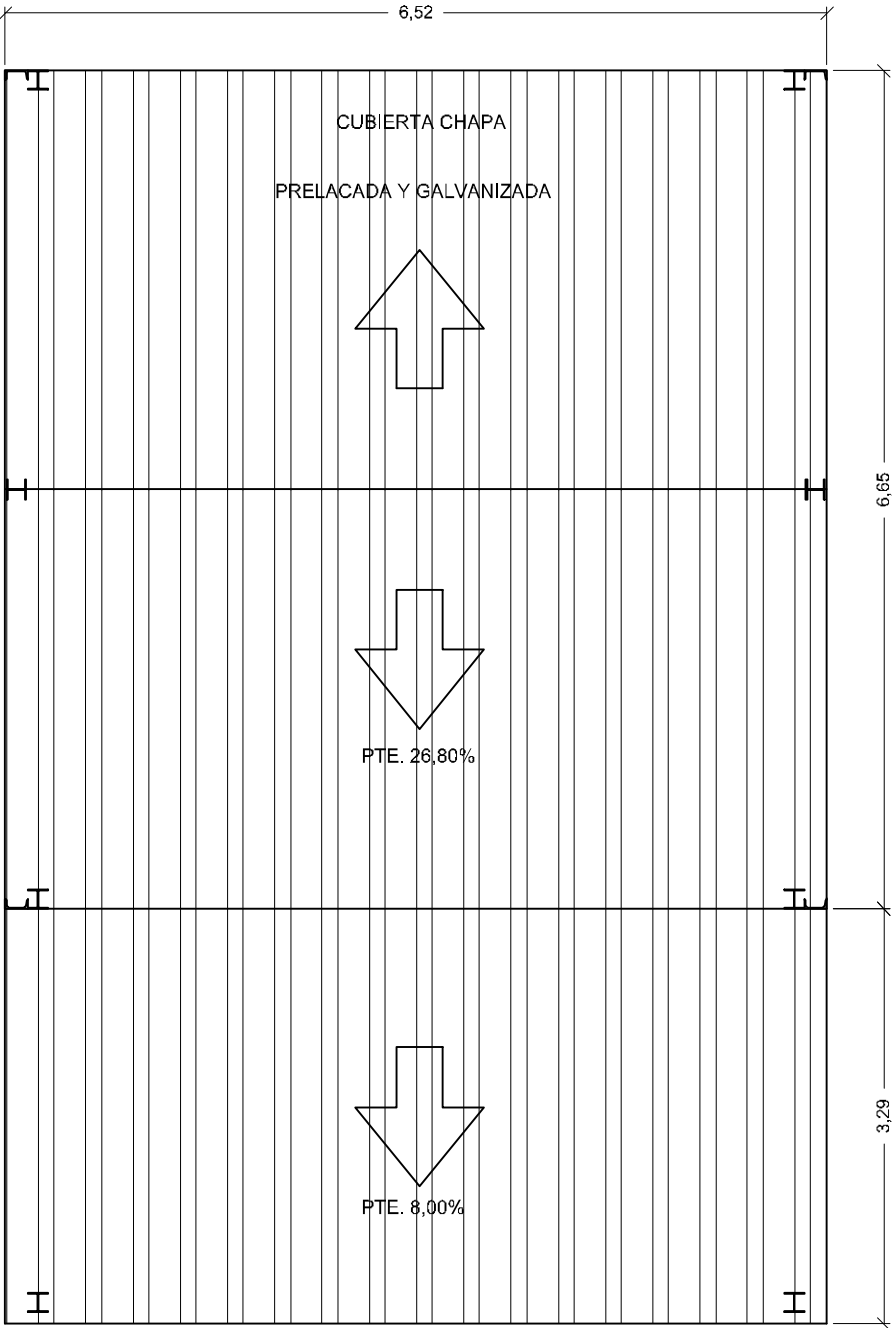
Fecha: Septiembre, 2018

ESCALA: 1/50

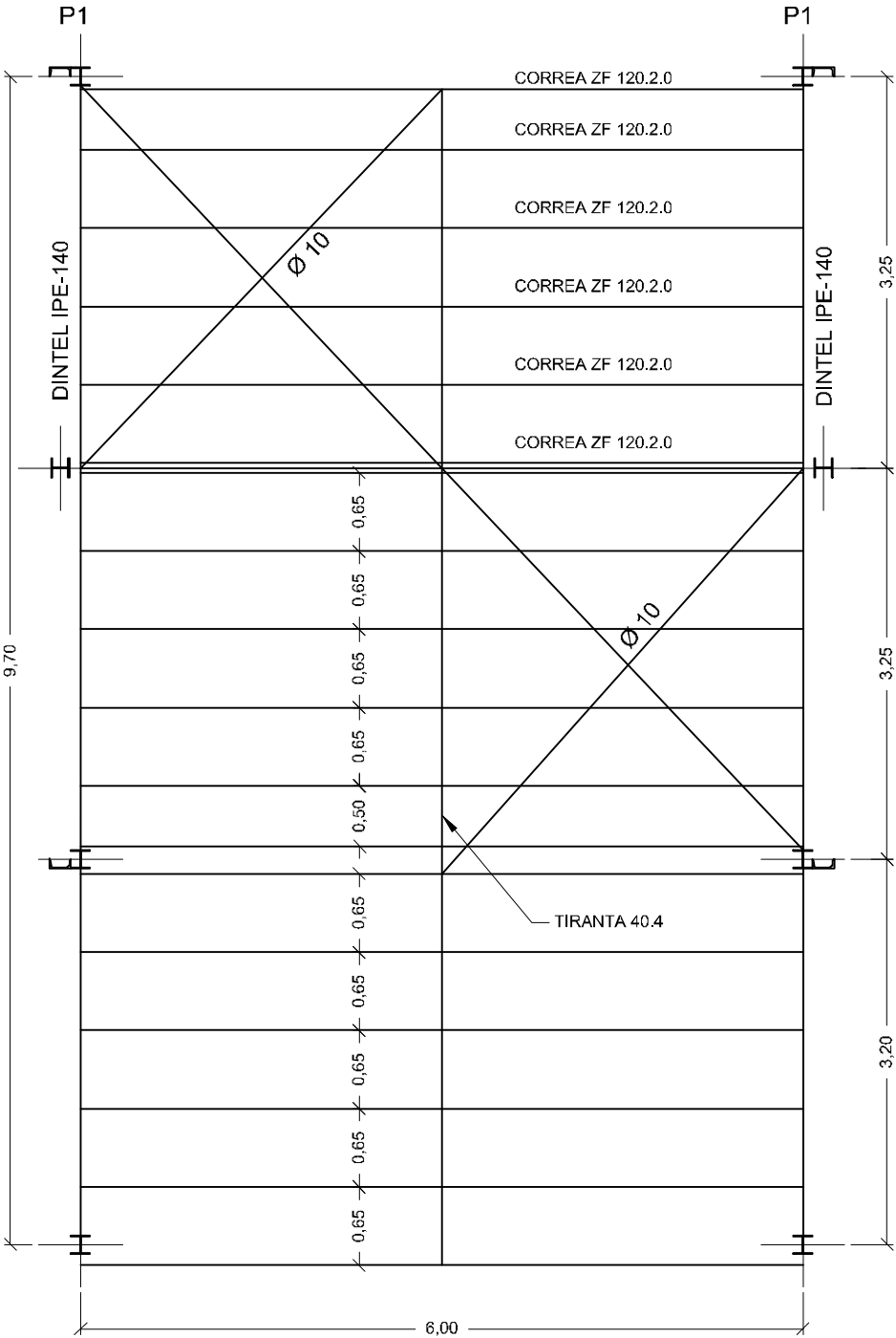
NAVE DE BOMBEO Y FILTRADO. CIMENTACIÓN

PLANO N° 1 de 1 7.3

CUBIERTA



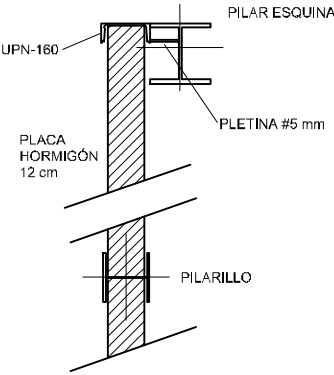
ESTRUCTURA DE CUBIERTA



CUADRO DE CARACTERÍSTICAS SEGUN EHE-08					
ELEMENTO	TIPO	CONTROL	COEFICIENTES DE PONDERACION		
			HORMIGÓN	ARMADURAS	ACCIONES
Hormigón	HA 25/P/20/IIa	Normal	1.5		
Acero estructuras	S275JR	Normal			
Acero armaduras	B-400 S	Normal		1.15	
Acero pernos	S275JR-Liso	Normal			
Ejecución		Normal			1.6

DETALLE CERRAMIENTO PLACA PORTICOS INICIAL Y FINAL

E: 1/25



PROYECTO DE: MODERNIZACIÓN AGRÍCOLA DE LA FINCA "LAS MERCEDES",
EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE PALMA DEL RÍO, PROVINCIA DE CÓRDOBA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
AGRÓNOMOS Y DE MONTES



VICTORIA RUIZ BUJALANCE

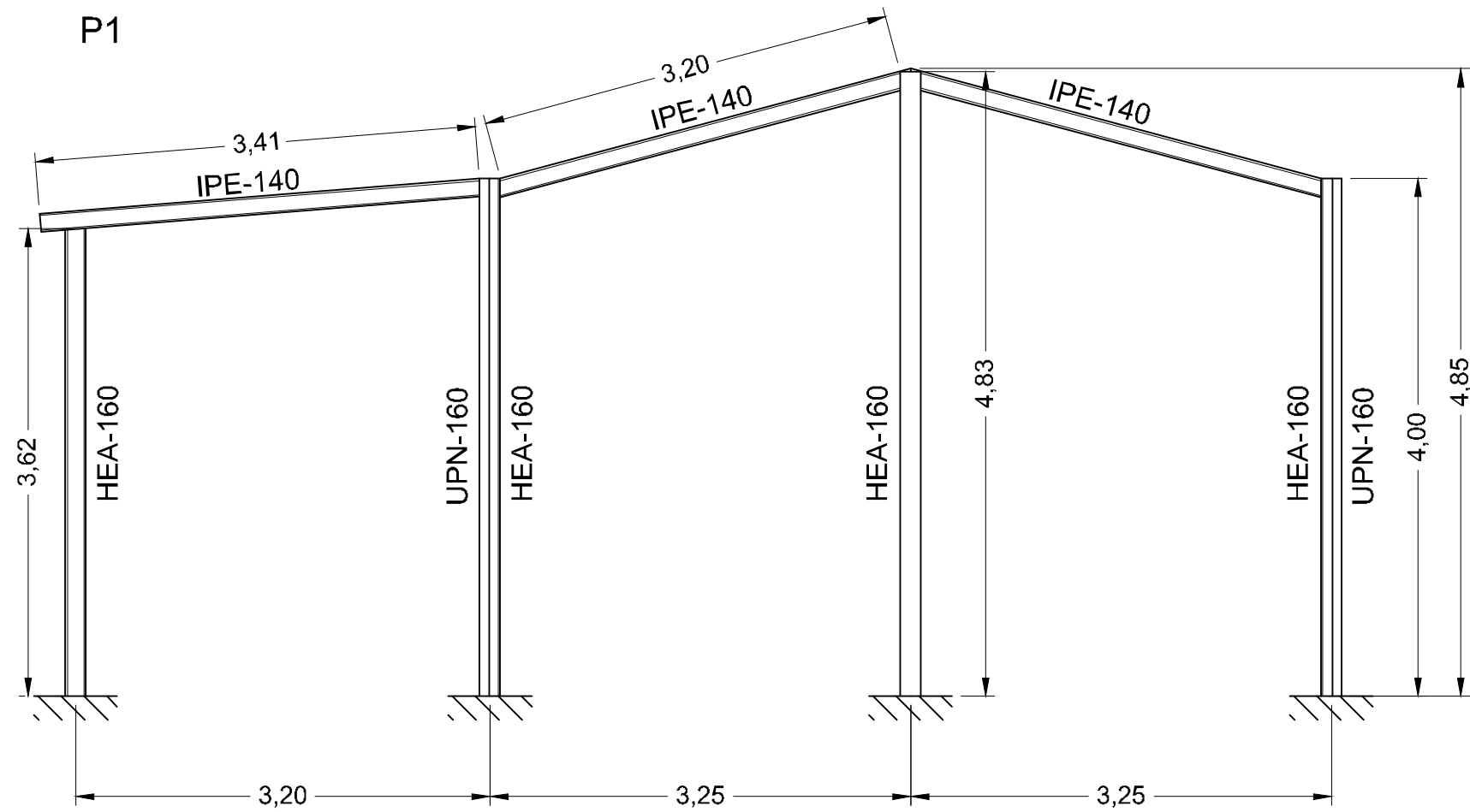
GRADUADA EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA
Y DEL MEDIO RURAL, UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

Fecha: Septiembre, 2018

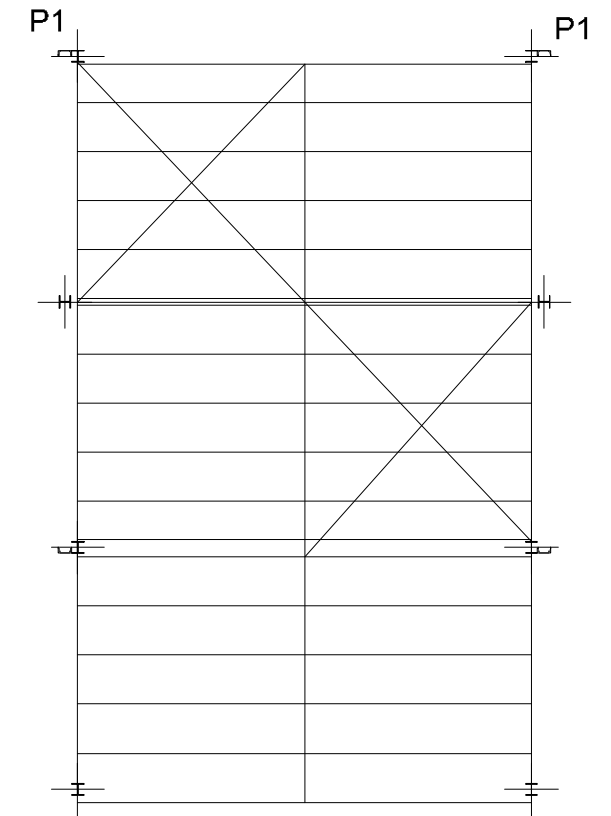
ESCALA:
1/60

NAVE DE BOMBEO Y FILTRADO. ESTRUCTURA Y CUBIERTA

PLANO Nº
1 de 1 7.4

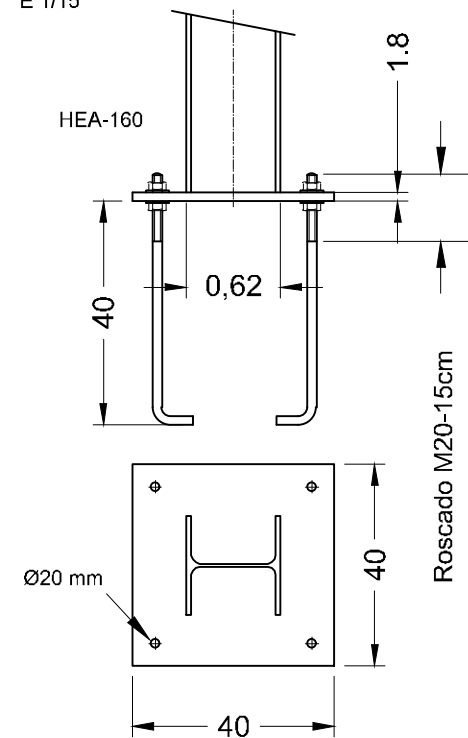


CROQUIS



PLACA DE ANCLAJE PILARES LATERALES

E 1/15



Cotas en cm

CUADRO DE CARACTERÍSTICAS SEGUN EHE-08

ELEMENTO	TIPO	CONTROL	COEFICIENTES DE PONDERACION		
			HORMIGON	ARMADURAS	ACCIONES
Hormigón	HA 25/P/20/IIa	Normal	1,5		
Acero estructuras	S275JR	Normal			
Acero armaduras	B-400 S	Normal		1,15	
Acero pernos	S275JR-Liso	Normal			
Ejecución		Normal			1,6

PROYECTO DE: MODERNIZACIÓN AGRÍCOLA DE LA FINCA "LAS MERCEDES",
EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE PALMA DEL RÍO, PROVINCIA DE CÓRDOBA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
AGRÓNOMOS Y DE MONTES



VICTORIA RUIZ BUJALANCE

GRADUADA EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA
Y DEL MEDIO RURAL, UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

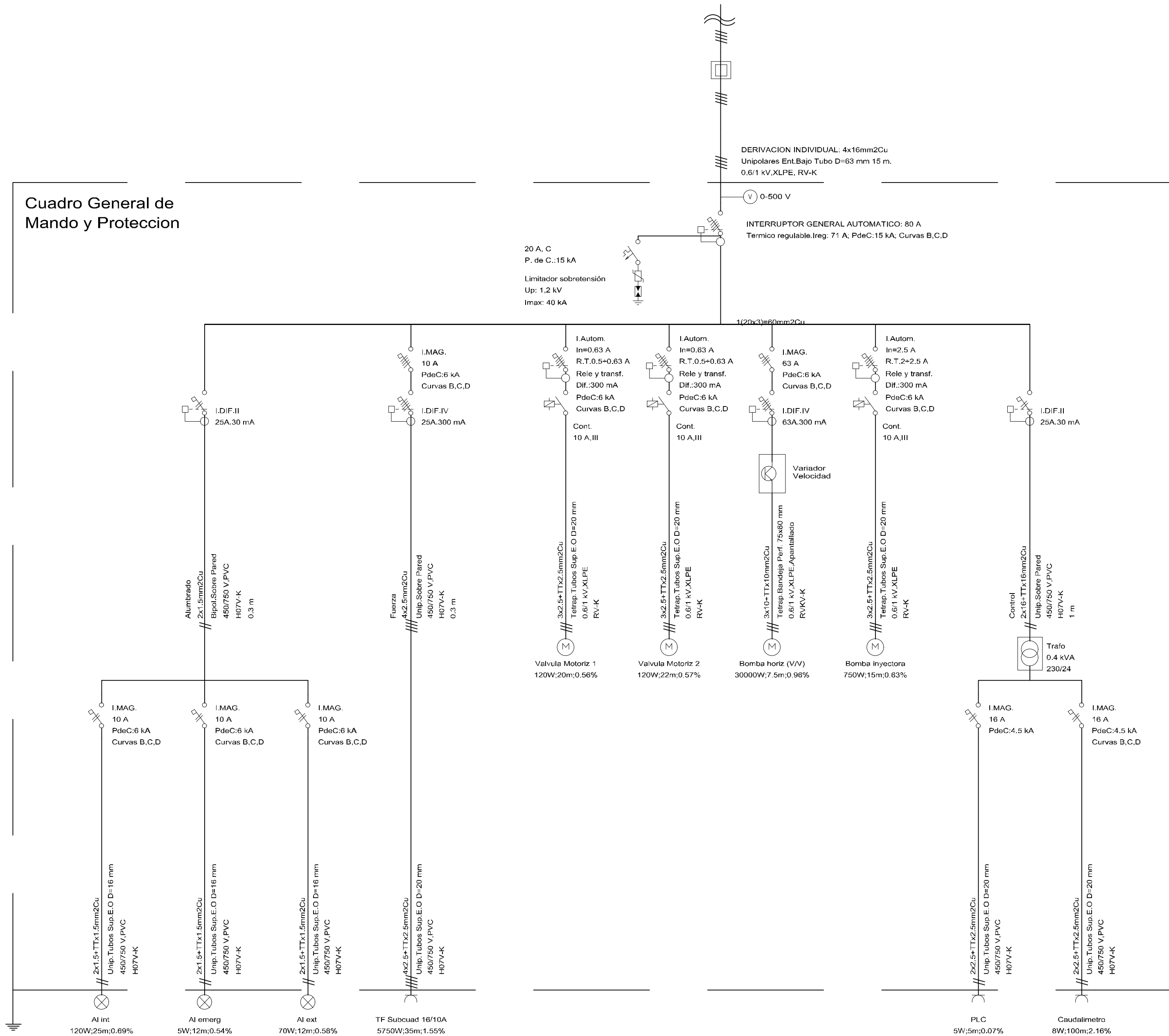
Fecha: Septiembre, 2018

ESCALA:
1/50

NAVE DE BOMBEO Y FILTRADO. PÓRTICOS

PLANO Nº
1 de 1 7.5

Cuadro General de Mando y Protección



PROYECTO DE: MODERNIZACIÓN AGRÍCOLA DE LA FINCA "LAS MERCEDES",
EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE PALMA DEL RÍO, PROVINCIA DE CÓRDOBA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
AGRONOMOS Y DE MONTES



VICTORIA RUIZ BUJALANCE

GRADUADA EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA
Y DEL MEDIO RURAL, UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

Fecha:
Septiembre, 2018

ESCALA:
1/3.000

NAVE DE BOMBEO Y FILTRADO. ESQUEMA UNIFILAR

PLANO N°
1 de 1 7.6



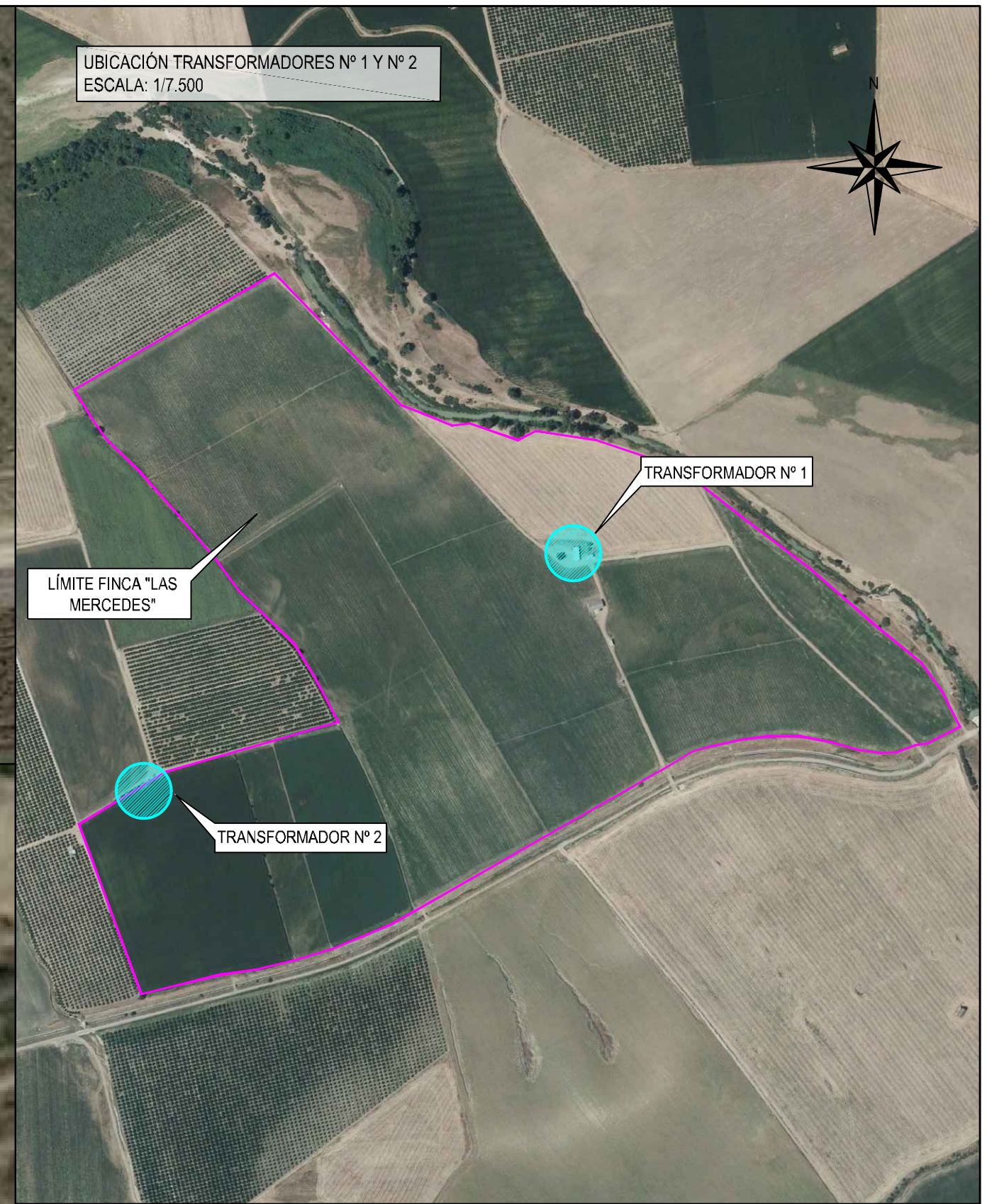
UBICACIÓN TRANSFORMADORES N° 1
ESCALA: S/E

TRANSFORMADOR N° 1
X = 291.690,81
Y = 4.171.183,36



UBICACIÓN TRANSFORMADORES N° 2
ESCALA: S/E

TRANSFORMADOR N° 2
X = 291.081,29
Y = 4.170.856,94



UBICACIÓN TRANSFORMADORES N° 1 Y N° 2
ESCALA: 1/7.500

LÍMITE FINCA "LAS
MERCEDES"

TRANSFORMADOR N° 1

TRANSFORMADOR N° 2

PROYECTO DE: MODERNIZACIÓN AGRÍCOLA DE LA FINCA "LAS MERCEDES",
EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE PALMA DEL RÍO, PROVINCIA DE CÓRDOBA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
AGRÓNOMOS Y DE MONTES



VICTORIA RUIZ BUJALANCE

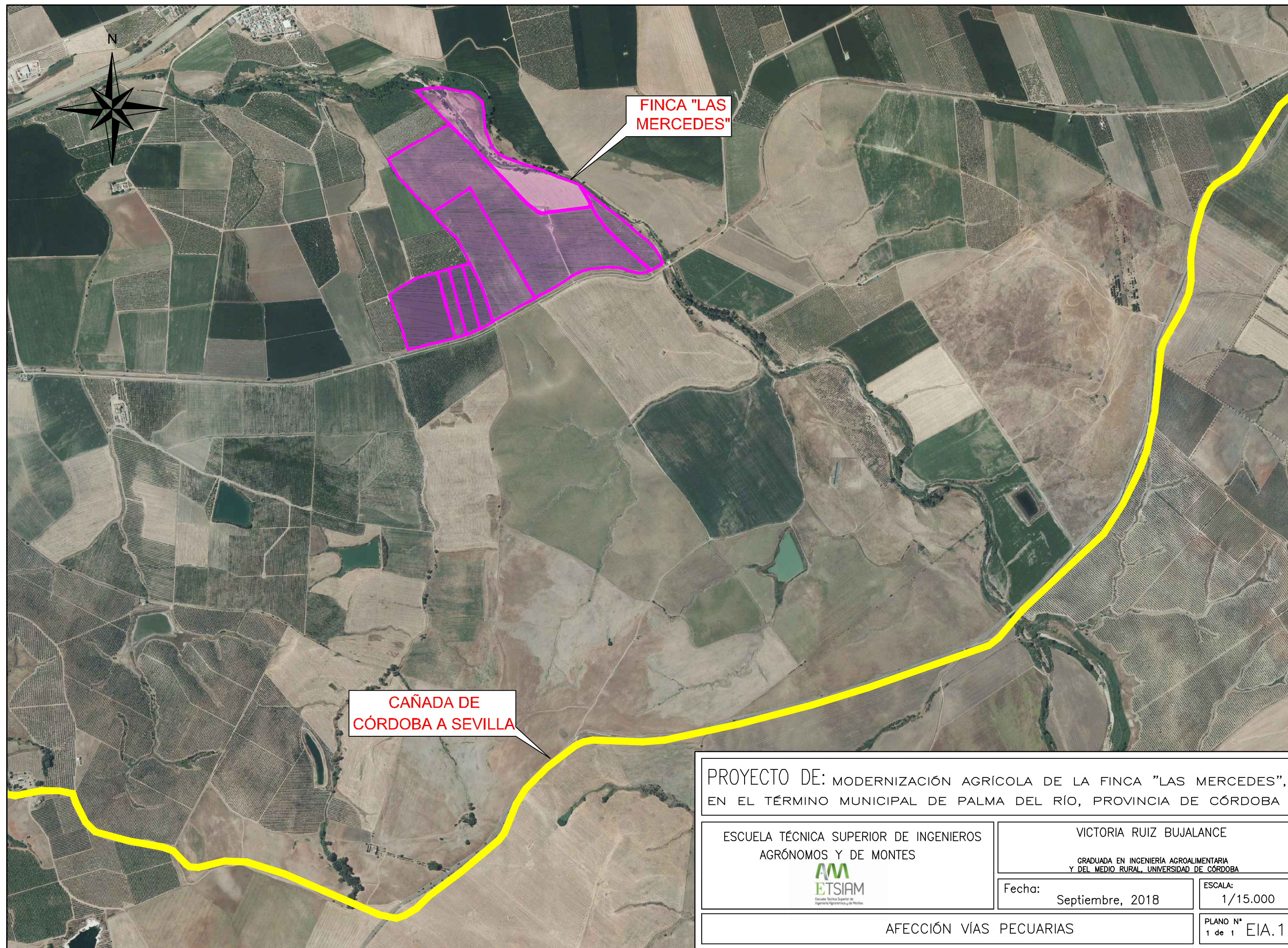
GRADUADA EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA
Y DEL MEDIO RURAL, UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

Fecha: Septiembre, 2018

ESCALA: VARIAS

UBICACIÓN TRANSFORMADORES

PLANO N° 1 de 1 8



PROYECTO DE: MODERNIZACIÓN AGRÍCOLA DE LA FINCA "LAS MERCEDES",
EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE PALMA DEL RÍO, PROVINCIA DE CÓRDOBA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
AGRÓNOMOS Y DE MONTES

ETSIAM
Escuela Técnica Superior de
Ingeniería Agronómica y de Montes

VICTORIA RUIZ BUJALANCE

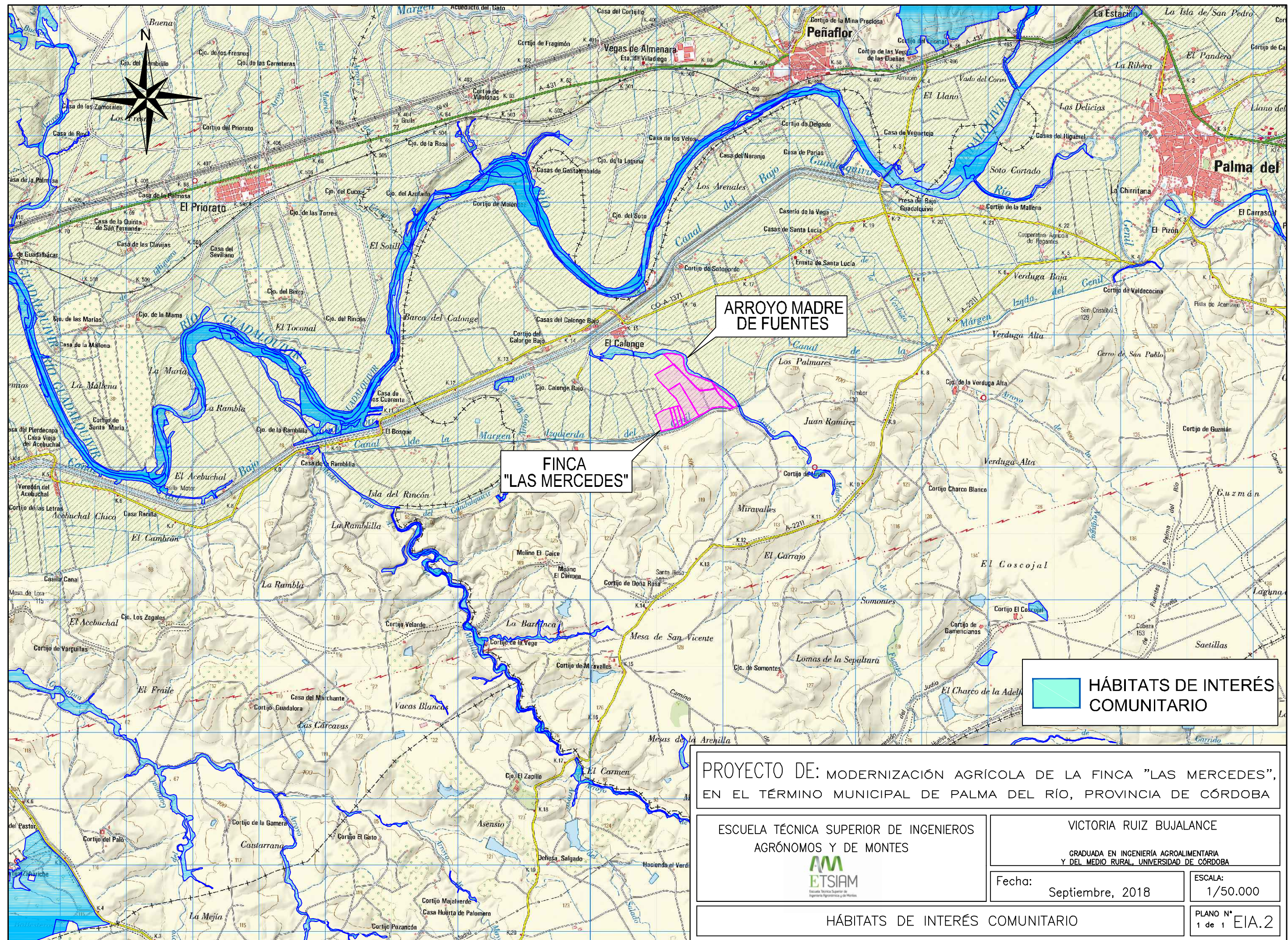
GRADUADA EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA
Y DEL MEDIO RURAL, UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

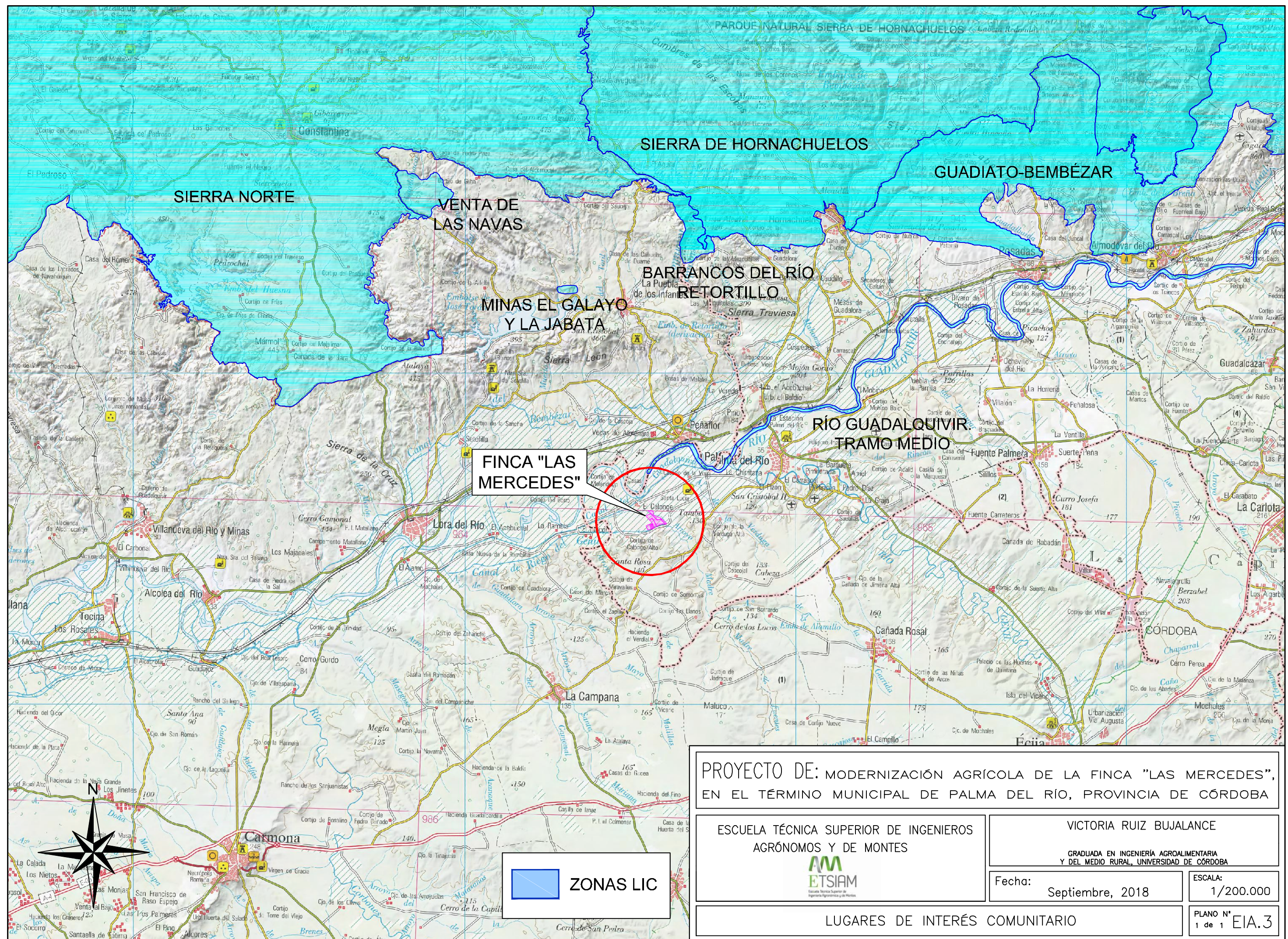
Fecha: Septiembre, 2018

ESCALA: 1/15.000

AFECCIÓN VÍAS PECUARIAS

PLANO N° 1 de 1 EIA.1





PROYECTO DE: MODERNIZACIÓN AGRÍCOLA DE LA FINCA "LAS MERCEDES",
EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE PALMA DEL RÍO, PROVINCIA DE CÓRDOBA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
AGRÓNOMOS Y DE MONTES

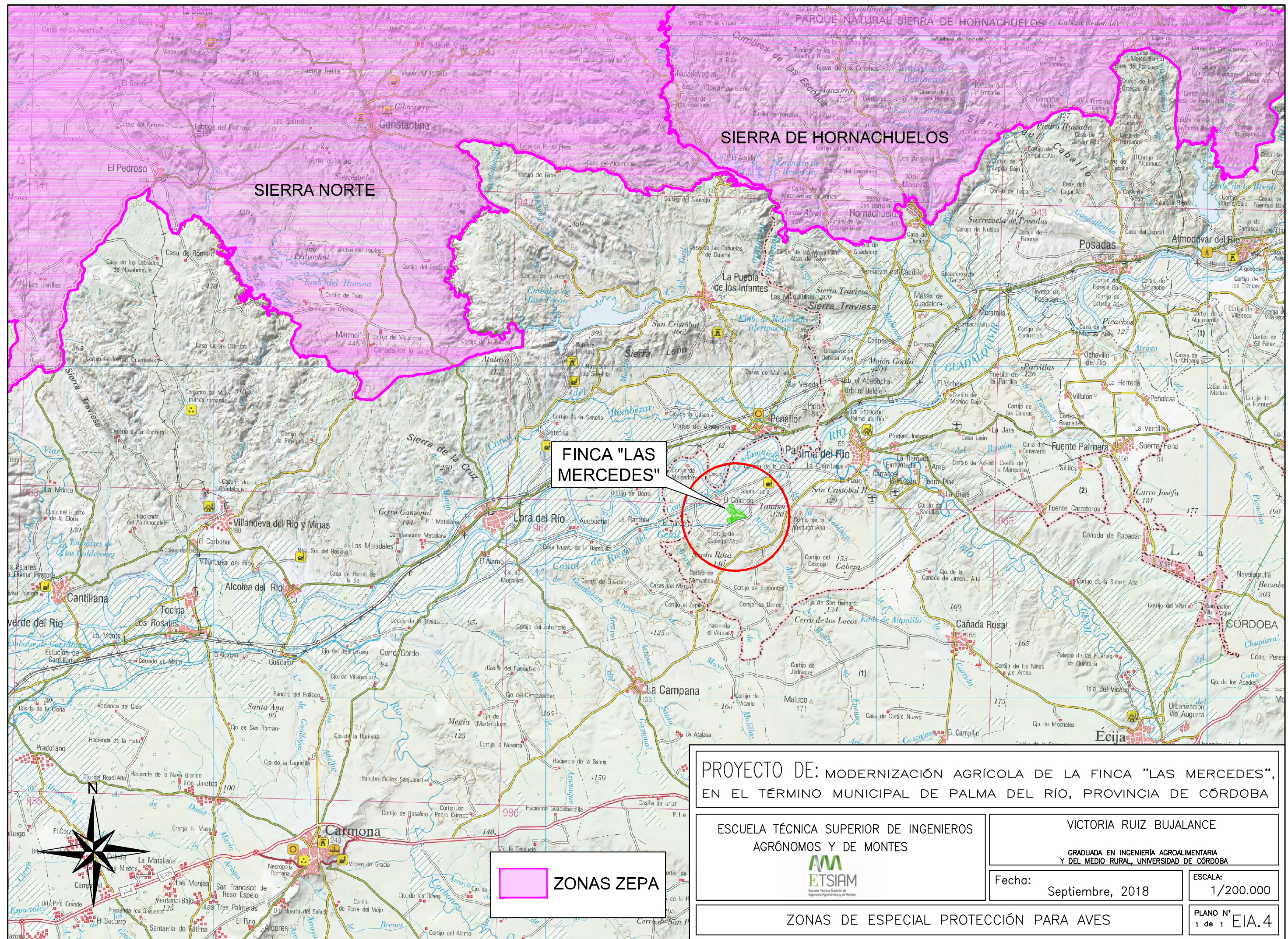
ETSIAM
Escuela Técnica Superior de
Ingenieros Agrónomos y de Montes

VICTORIA RUIZ BUJALANCE

GRADUADA EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA
Y DEL MEDIO RURAL, UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

Fecha: Septiembre, 2018

ESCALA: 1/200.000



PROYECTO DE: MODERNIZACIÓN AGRÍCOLA DE LA FINCA "LAS MERCEDES",
EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE PALMA DEL RÍO, PROVINCIA DE CÓRDOBA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
AGRÓNOMOS Y DE MONTES



VICTORIA RUIZ BUJALANCE

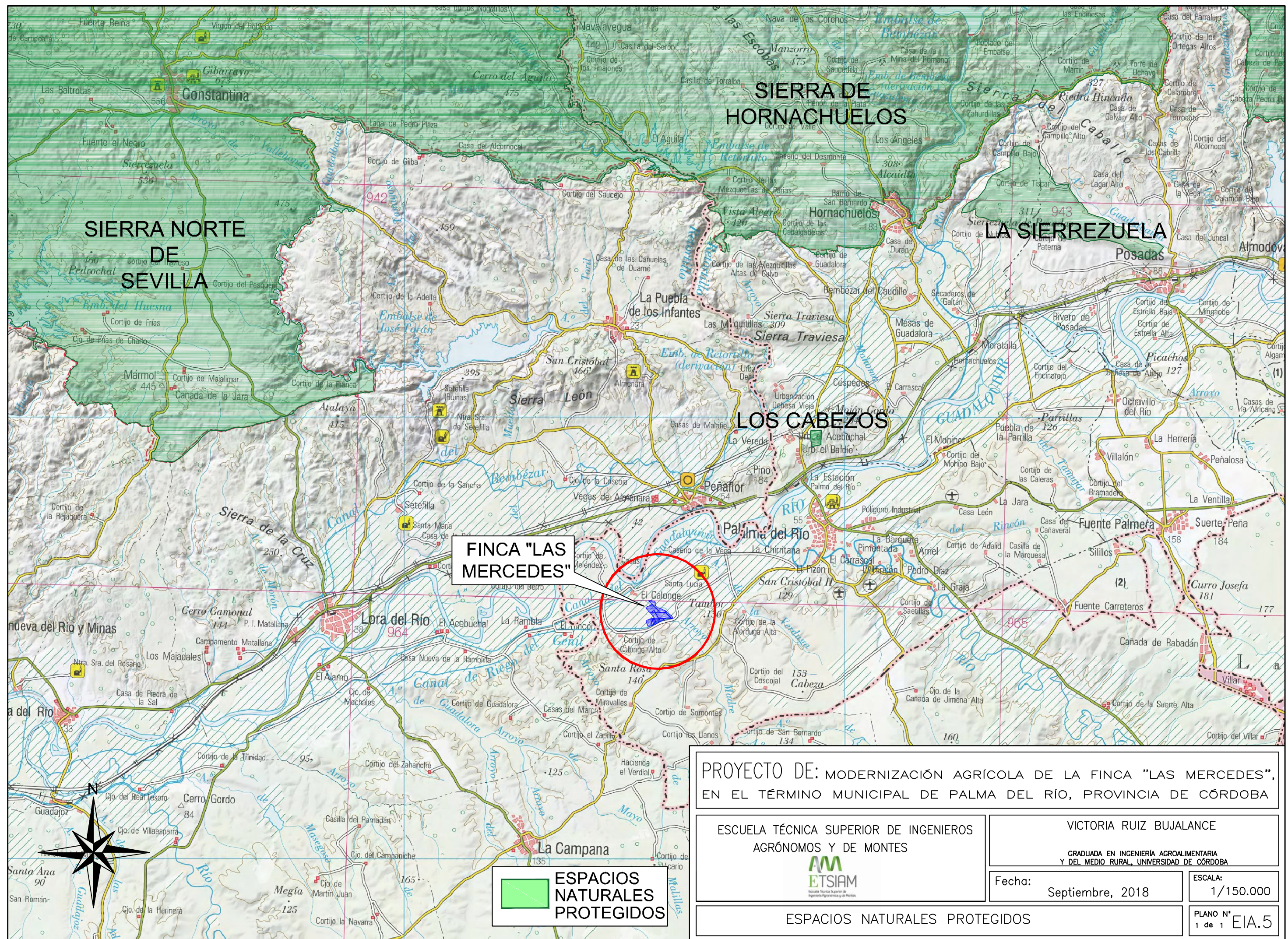
GRADUADA EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA
Y DEL MEDIO RURAL, UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

Fecha:
Septiembre, 2018

ESCALA:
1/200.000

ZONAS DE ESPECIAL PROTECCIÓN PARA AVES

PLANO N°
1 de 1 EIA.4



PROYECTO DE: MODERNIZACIÓN AGRÍCOLA DE LA FINCA "LAS MERCEDES", EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE PALMA DEL RÍO, PROVINCIA DE CÓRDOBA			
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRÓNOMOS Y DE MONTES		VICTORIA RUIZ BUJALANCE	
ESCALA: 1/150.000		GRADUADA EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA Y DEL MEDIO RURAL, UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA	
Fecha: Septiembre, 2018		ESCALA: 1/150.000	
ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS		PLANO N° 1 de 1 EIA.5	

